

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jantung merupakan salah satu organ penting dalam tubuh manusia yang berperan dalam sirkulasi darah ke seluruh bagian tubuh. Tanda-tanda vital seperti denyut jantung (HR), saturasi oksigen (SpO_2), suhu tubuh, dan tekanan darah mencerminkan kondisi kesehatan tubuh secara menyeluruh dan biasanya diukur menggunakan alat medis, salah satunya pulse oximeter yang umum digunakan untuk mengukur HR dan SpO_2 secara non-invasif [1]. Pulse oximeter digunakan sebagai alat yang umum dan sederhana untuk mengukur BPM serta saturasi oksigen dalam darah [2]. Frekuensi detak jantung pada manusia bervariasi tergantung pada kelompok usia. Mulai dari bayi baru lahir memiliki detak jantung berkisar antara 130 hingga 150 bpm, pada balita sekitar 100 hingga 120 bpm, anak-anak antara 90 hingga 110 bpm, dan dewasa berkisar antara 60 hingga 100 bpm [3]. Dengan penerapan teknologi IoT, orang-orang, termasuk mereka yang berada di daerah terpencil atau jauh dari pusat kesehatan, dapat memeriksa detak jantung mereka secara mandiri dan real-time [4]. Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan pemantauan kondisi pasien secara terus-menerus tanpa kehadiran tenaga medis secara langsung. Dalam situasi kritis, sistem ini dapat mengirimkan peringatan secara otomatis melalui jaringan komunikasi seperti GSM, sehingga dokter atau keluarga pasien dapat segera mengambil Tindakan [5].

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menjelaskan bahwa penyakit jantung merupakan salah satu dari sekian banyak penyakit berbahaya dan juga penyebab utama kematian di dunia [6] (Salamah et al., 2022). Penyakit jantung dan stroke berada di peringkat 1 dan 2 penyebab kematian di Indonesia dengan persentase kematian akibat stroke sebesar 19,42%, penyakit jantung 14,38% [7]. Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) yang dirilis oleh Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan pada tahun 2023, diperkirakan sekitar 0,85% penduduk Indonesia dari semua kelompok usia, atau sekitar 877.531 orang telah menderita penyakit jantung [8]. Integrasi sensor seperti MAX30102 dengan konektivitas cloud memungkinkan data tanda vital pasien, seperti denyut jantung dan kadar oksigen, dipantau secara real-time melalui halaman web yang dapat diakses dari berbagai perangkat, sehingga mendukung deteksi dini kondisi kardiovaskular secara praktis [9]. Melakukan pemeriksaan detak jantung secara teratur dapat membantu mendeteksi gangguan pada jantung dan mencegah komplikasi yang lebih serius [10]. Teknologi photoplethysmography (PPG) kini juga digunakan untuk memprediksi risiko penyakit kardiovaskular secara langsung dari sinyal denyut, tanpa pemeriksaan fisik atau data laboratorium, sehingga cocok diterapkan dalam sistem kesehatan berbasis sumber daya rendah [11].

Internet of Things (IoT) adalah sistem teknologi yang mengintegrasikan sensor tertentu melalui internet dan mampu memantau berbagai faktor, termasuk kesehatan manusia [12]. Salah satu tantangan dalam penggunaan perangkat wearable ini adalah konsumsi daya, karena mayoritas perangkat masih mengandalkan baterai dan tidak selalu terhubung ke sumber daya listrik. Untuk mengatasi hal ini, telah dikembangkan solusi seperti teknik kompresi sinyal ECG dan pemanfaatan energi kinetik tubuh manusia untuk menjaga daya perangkat tetap terisi. Pendekatan ini memungkinkan monitoring detak jantung dilakukan secara terus-menerus dengan konsumsi energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan [13]. Alat pengukur detak jantung yang akan digunakan adalah sensor MAX30102 yang menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi karena mengukur detak jantung dengan cepat, dan menghasilkan *Signal to Noise*

Ratio (SNR) yang tinggi sehingga menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi [14]. Sensor MAX30102 lebih unggul dari Sensor MAX30100 dengan sensitivitas lebih tinggi, konsumsi daya yang lebih rendah, dan pengukuran yang lebih presisi. Sensor MAX30102 telah banyak digunakan bersama ESP32 untuk memantau detak jantung secara real time [15]. Penggunaan sinyal PPG dalam perangkat wearable berbasis IoT terbukti efektif untuk memantau tekanan darah dan detak jantung secara non-invasif dan pemrosesan data berbasis cloud [16]

Algoritma Random Forest berkinerja baik dalam klasifikasi data medis, dengan nilai akurasi, presisi, dan recall yang tinggi. Maka penelitian ini akan menerapkan algoritma Random Forest sebagai klasifikasi data kesehatan jantung. Algoritma ini telah banyak digunakan dalam sistem pendukung keputusan medis untuk prediksi berbagai penyakit seperti kanker, diabetes, dan penyakit jantung, serta terbukti memberikan performa tinggi dalam kombinasi dengan algoritma lain seperti Ada Boost [17]. Random forest juga telah digunakan dalam penelitian diagnosis kanker payudara karena sifatnya yang mudah dipahami, efisien, dan akurat dalam klasifikasi data medis [18]. Data mining dan machine learning telah menjadi pilar utama dalam analisis data medis modern, termasuk untuk prediksi penyakit jantung [19]. Desain alat pendeteksi kesehatan jantung yang terhubung dengan internet, sehingga individu dapat melakukan pemeriksaan detak jantung secara praktis, murah, dan kapan saja, sehingga potensi deteksi dini penyakit jantung meningkat [20]. Penelitian ini akan menerapkan algoritma Random Forest sebagai klasifikasi data kesehatan jantung untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih tinggi [15]. Efisiensi daya juga menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem ini, sebagaimana dibuktikan oleh studi yang menunjukkan bahwa perangkat IoT pemantau vital berbasis ZigBee mampu menghemat daya hingga 84,5% tanpa mengurangi akurasi pengukuran [21]. Selain itu, teknologi RFID dalam ekosistem IoT kesehatan menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan keamanan data dan menghadirkan integrasi multi-sensor dalam satu perangkat pemantauan [22]. Penelitian ini bertujuan merancang sistem deteksi dini kesehatan jantung berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan sensor MAX30102 dan algoritma Random Forest untuk mengklasifikasikan kondisi detak jantung.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang di ambil dari latar belakang yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan sistem monitoring detak jantung berbasis IoT yang mampu mendeteksi kondisi detak jantung normal juga tidak normal secara *realtime*?
2. Bagaimana penerapan algoritma Random Forest sebagai metode klasifikasi data kesehatan jantung menghasilkan tingkat akurasi, presisi, dan recall yang tinggi?
3. Bagaimana merancang alat monitoring detak jantung dengan mempertimbangkan aspek kepraktisan dalam penggunaan, kemudahan instalansi, dan antarmuka yang ramah pengguna?
4. Bagaimana mengevaluasi kinerja dan validitas sistem monitoring detak jantung berbasis IoT dalam kondisi nyata, termasuk stabilitas koneksi, keterlambatan transmisi data, serta ketepatan hasil klasifikasi?

1.3.Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem monitoring detak jantung berbasis IoT yang mampu mendeteksi kondisi detak jantung normal dan tidak normal secara real-time melalui aplikasi smartphone.
2. Menerapkan algoritma Random Forest sebagai metode klasifikasi data kesehatan jantung untuk mencapai tingkat akurasi minimal 90%, presisi minimal 88%, dan recall minimal 85% dalam proses deteksi kondisi jantung.
3. Merancang solusi pemantauan kesehatan jantung yang dapat digunakan oleh individu maupun tenaga medis dengan antarmuka pengguna yang sederhana, instalasi yang mudah agar meningkatkan kenyamanan pengguna.

1.3.2. Manfaat

Penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Masyarakat Umum: Memberikan alat yang praktis dan terjangkau untuk memantau kesehatan jantung secara mandiri, sehingga dapat meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya menjaga kesehatan jantung.
2. Bagi Tenaga Medis: Menyediakan alat bantu yang efisien untuk memantau kondisi pasien secara *real-time*, sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan medis yang cepat dan tepat.
3. Bagi Ilmu Pengetahuan: Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi berbasis IoT dan penerapan algoritma Random Forest untuk klasifikasi data kesehatan.
4. Bagi Peneliti dan Pengembangan Selanjutnya: Menunjukkan potensi keberlanjutan sistem monitoring jantung melalui desain sistem agar dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung fitur-fitur tambahan seperti pemantauan tekanan darah, integrasi dengan rekam medis digital, atau koneksi ke layanan kesehatan darurat.

1.4.Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Alat dirancang untuk memantau detak jantung dalam dua kategori utama, yaitu detak

jantung normal (60-100 bpm) dan tidak normal, yang mencakup bradikardia (<60 bpm) dan takikardia (>100 bpm).

2. Alat yang digunakan adalah Arduino UNO, sensor MAX30102, dan LED Oled display yang di rakit untuk membaca dan menampilkan sinyal denyut jantung
3. Algoritma klasifikasi yang digunakan adalah Random Forest.
4. Penelitian ini melibatkan 150 orang responden berusia 15 hingga 60 tahun. Jumlah responden ditentukan berdasarkan pertimbangan ketersediaan waktu, tenaga, dan fokus penelitian yang masih bersifat awal atau eksplorasi.
5. Pengujian dilakukan dalam kondisi dalam ruangan, pada suhu ruangan normal sekitar 25°C melakukan aktivitas seperti istirahat, olahraga ringan dan stress untuk memastikan pembacaan sinyal yang stabil.

1.5.Keterbaruan

Table 1.1 Keterbaruan

No	Penelitian Terdahulu	Keterbaruan
1	Rancang Bangun Pendeteksi Penyakit Jantung menggunakan Teknik Algoritma Fuzzy Logic berbasis IoT [23] Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem pemantauan detak jantung berbasis IoT yang dapat digunakan secara <i>real-time</i> melalui aplikasi Android. Pada penelitian ini menggunakan metode waterfall, sensor yang digunakan MAX30100, dan algoritma fuzzy logic.	Penelitian kami ini akan membuat sistem pemantauan detak jantung berbasis IoT yang dapat digunakan secara <i>real-time</i> melalui aplikasi Android. Sistem ini dikembangkan menggunakan metode waterfall dengan sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP32, serta menerapkan algoritma fuzzy logic untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Proses pengujian dilakukan dengan membaca data BPM dari pengguna menggunakan sensor MAX30102. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat kesalahan (error) sistem berada pada rentang 0,05% hingga 5,8%.
2	Rancang Bangun Alat Pendeteksi Detak Jantung dan Kadar Oksigen Berbasis Iot dengan <i>Integrasi ThingSpeak</i> [6]. Penelitian ini mendapatkan hasil dengan akurasi 96,75% untuk detak jantung dan 99,12% untuk SpO2. Pada penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler,identifikasi pengguna menggunakan sensor sidik jari, sensor MAX30102 untuk pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen darah dan pengiriman data menggunakan platform ThingSpeak.	Rancang Bangun Alat Pendeteksi Detak Jantung dan Kadar Oksigen Berbasis Iot dengan <i>Integrasi ThingSpeak</i> [6]. Penelitian ini mendapatkan hasil dengan akurasi 96,75% untuk detak jantung dan 99,12% untuk SpO2. Pada penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler,identifikasi pengguna menggunakan sensor sidik jari, sensor MAX30102 untuk pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen darah dan pengiriman data menggunakan platform ThingSpeak.

No	Penelitian Terdahulu	Keterbaruan
3.	Prototipe Alat Ukur Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) ESP8266 dan Blynk [14]. Penelitian ini menggunakan metode PPG, sensor yang digunakan MAX30102. Alat ini dapat menghitung detak jantung dengan menempelkan permukaan ujung jari selama sepuluh detik. Hasil pengujian data, rata-rata standar deviasi pengukuran detak jantung menggunakan alat ini adalah 1,176. Jika menganggap data dari pulse oximeter adalah benar maka alat ini memiliki akurasi 98,804%.	Keterbaruan dari penelitian sebelumnya yaitu kami menggunakan metode Photoplethysmography (PPG) dengan sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP32 untuk mengukur detak jantung secara <i>real-time</i> . Pengukuran dilakukan dengan menempelkan ujung jari pada sensor selama 10 detik, di mana sensor memancarkan gelombang cahaya yang menembus permukaan jari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata standar deviasi pengukuran detak jantung menggunakan alat ini adalah 0,985, yang lebih rendah dibandingkan metode sebelumnya.
4	Sistem Monitoring Detak Jantung Untuk Mendeteksi Tingkat Kesehatan Jantung Berbasis Internet Of Things Menggunakan Android [24]. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat mendeteksi detak jantung yang cukup sehat atau tidak. Hasil pengukuran dari alat sensor MAX30102 dilakukan setiap 15 detik dan OMRON lebih lama, dari hasil pengukuran dari 10 sampel.	Keterbaruan dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian kami akan mengembangkan sistem pemantauan detak jantung berbasis IoT yang dapat menentukan apakah kondisi detak jantung pengguna dalam kategori sehat atau tidak. Sistem ini menggunakan metode Photoplethysmography (PPG) dengan sensor MAX30102. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mendeteksi detak jantung secara lebih akurat, terintegrasi dengan IoT, serta bekerja secara <i>real-time</i> .
5	Implementasi metode fuzzy logic dan iot untuk klasifikasi kondisi kesehatan denyut jantung berbasis Android [25]. Penelitian ini memanfaatkan teknologi Internet of things dan metode fuzzy logic untuk melakukan klasifikasi kesehatan dengan mendefinisikan variabel linguistic yaitu BPM, usia dan juga aktivitas pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring telah berhasil dalam bentuk aplikasi android.	Keterbaruan penelitian kami yaitu mengembangkan sistem pemantauan kondisi jantung berbasis IoT yang dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. Sistem ini menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler ESP32 untuk mengukur denyut jantung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil dibangun dalam bentuk aplikasi Android, mampu mentransmisikan data secara cepat dengan tingkat kesalahan pengukuran 6,6%.