

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit jantung atau penyakit darah tinggi adalah penyakit yang wajib diwaspadai. Penyakit ini sering disebut silent killer, di mana gejalanya tidak terasa namun bisa menimbulkan komplikasi serius secara tiba-tiba [1].

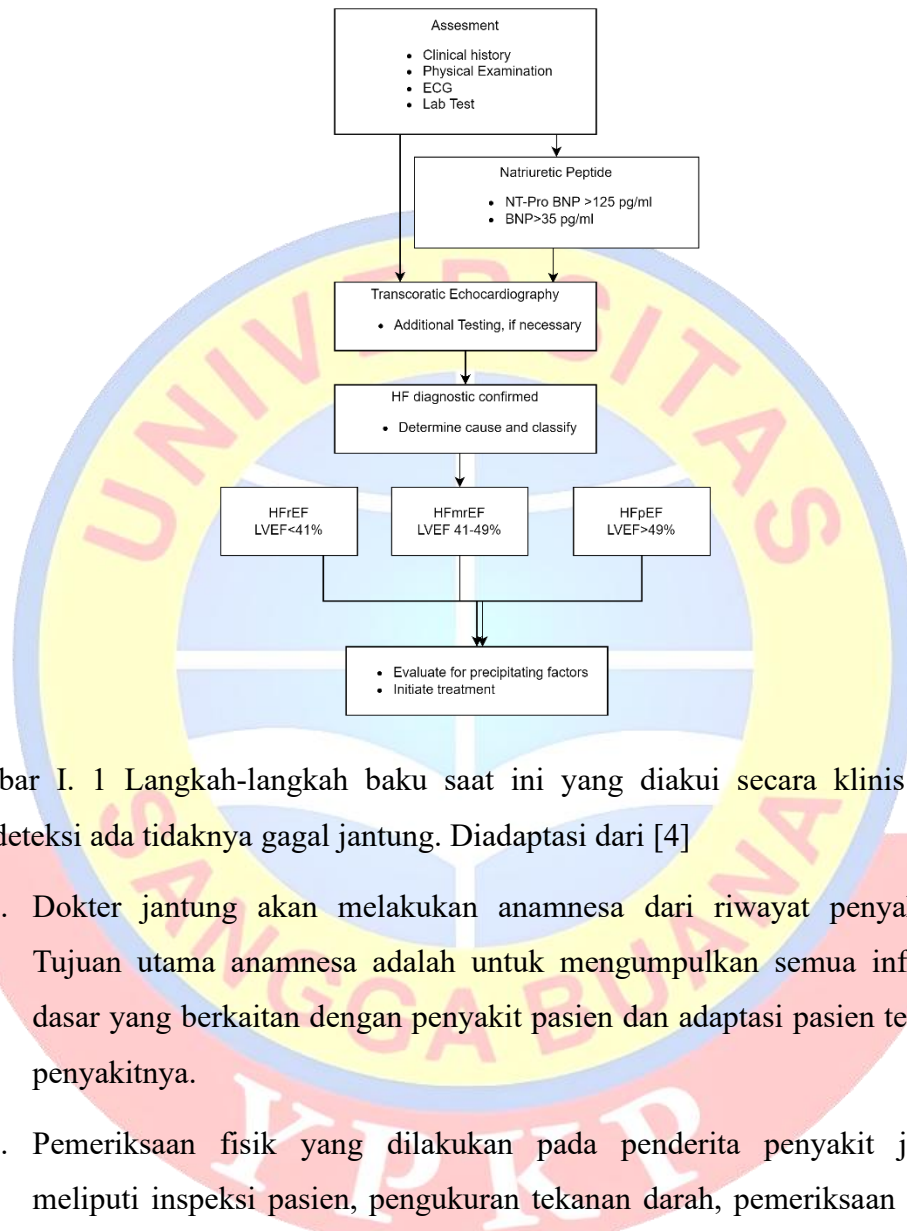
Penyakit jantung merupakan penyebab kematian nomor satu di dunia, dengan 17,9 juta jiwa yang meninggal setiap tahun akibat penyakit *kardiovaskular* [2]. Penyakit *kardiovaskular* adalah sekelompok gangguan jantung dan pembuluh darah termasuk penyakit jantung koroner, penyakit gangguan irama jantung, penyakit serebrovaskular, penyakit jantung rematik, dan kondisi lainnya [3]. Lebih dari delapan puluh persen kematian *kardiovaskular* disebabkan oleh serangan jantung dan stroke [4].

Gagal jantung adalah salah satu komplikasi yang dapat terjadi akibat penyakit jantung. Gagal jantung terjadi ketika jantung tidak mampu memompa darah ke seluruh tubuh [5]. Tidak semua pengidap penyakit jantung pasti mengidap gagal jantung, namun seseorang yang mengidap gagal jantung umumnya berawal dari adanya irama jantung yang tidak normal dan adanya tekanan darah yang tinggi [6].

Gagal jantung jarang muncul secara tiba-tiba dan sebagian besar kasusnya berkembang dalam tubuh selama bertahun-tahun. Penyakit jantung menjadi salah satu faktor risiko utama gagal jantung. Artinya, seseorang yang mengidap penyakit jantung punya peluang yang lebih besar untuk mengalami gagal jantung. Penyakit jantung memicu adanya ejection fraction dan hipertrofi ventikel kiri [7]. Heart failure yang disebabkan karena adanya ejection fraction menyebabkan kematian mendadak [8].

Pada diagnosis penyakit jantung, dokter jantung akan melakukan langkah-langkah untuk menentukan kemungkinan penyakit jantung pada pasien. Berikut

adalah langkah-langkah yang telah dibakukan oleh *The American Heart Association* dan *American College of Cardiology* didalam Gambar I.1.



Gambar I. 1 Langkah-langkah baku saat ini yang diakui secara klinis untuk mendeteksi ada tidaknya gagal jantung. Diadaptasi dari [4]

1. Dokter jantung akan melakukan anamnesa dari riwayat penyakitnya. Tujuan utama anamnesa adalah untuk mengumpulkan semua informasi dasar yang berkaitan dengan penyakit pasien dan adaptasi pasien terhadap penyakitnya.
2. Pemeriksaan fisik yang dilakukan pada penderita penyakit jantung meliputi inspeksi pasien, pengukuran tekanan darah, pemeriksaan denyut arteri, pemeriksaan denyut vena jugularis, perkusi jantung, palpasi jantung, auskultasi jantung, dan pemeriksaan edema dependen.
3. Elektrokardiogram digunakan untuk merekam aktivitas listrik dari siklus jantung serta untuk mengetahui gambaran otot-otot jantung yang mengalami kekurangan oksigen/iskemia; untuk mendeteksi gangguan

irama jantung, abnormalitas ukuran ruang jantung, dan gangguan keseimbangan elektrolit tubuh.

4. Pemeriksaan laboratorium yang dilaksanakan diantaranya adalah pemeriksaan kolesterol dalam darah, yaitu pemeriksaan *low density lipoprotein* (LDL), *high density lipoprotein* (HDL) dan *trigliserida* (TG).
5. Tes natriuretic peptide. Tes natriuretic peptide adalah tes darah yang mengukur kadar hormon natriuretic peptide dalam darah. Hormon natriuretic peptide adalah hormon yang dihasilkan oleh jantung dan pembuluh darah. Ada dua jenis utama hormon natriuretic peptide, yaitu brain natriuretic peptide (BNP) dan N-terminal pro b-type natriuretic peptide (NT-proBNP). Kadar BNP dan NT-proBNP lebih tinggi dari normal jika Anda mengalami gagal jantung. Tes natriuretic peptide dapat digunakan untuk mendiagnosis atau menyingkirkan gagal jantung, mengetahui tingkat keparahan kondisi, merencanakan pengobatan, dan memantau efektivitas pengobatan. Tes ini juga dapat digunakan untuk mencari tahu apakah gejala yang dialami disebabkan oleh gagal jantung atau tidak

Tujuan dari deteksi ini adalah untuk mengonfirmasi atau mengecualikan adanya penyakit jantung pada individu tersebut pada saat itu.

Penambahan kasus kematian di dunia yang disebabkan penyakit jantung setiap tahunnya mencapai 17,9 juta jiwa. Angka ini diprediksi akan meningkat hingga 23 juta jiwa pada tahun 2030. Sedangkan di Indonesia, menurut Kementerian Kesehatan Indonesia, jumlah kasus penyakit jantung di Indonesia mencapai 12,9 juta. Jumlah dokter spesialis jantung dan pembuluh darah hanya berjumlah 1.485 orang. Satu dokter idelanya melayani 100.000 orang. Namun kondisi saat ini, satu dokter jantung harus melayani sebanyak 250.000 orang. Hal tersebut berdampak pada tidak maksimalnya pelayanan pasien jantung di fasilitas layanan kesehatan. Sehingga berdampak pula pada banyaknya pasien yang meninggal karena penyakit jantung [9].

Dalam pemantauan kesehatan, analisis detak jantung merupakan salah satu metode yang sangat penting untuk memahami kondisi fisiologis seseorang. Pemantauan ini semakin relevan dengan kemajuan teknologi *wearable devices* yang memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* dan terus-menerus. Salah satu aspek penting dalam analisis detak jantung adalah pemilihan domain analisis, yang dapat dilakukan pada *time domain*, *frequency domain*, atau *temporal domain*. Masing-masing domain ini memiliki kelebihan dan keterbatasannya.

Time domain adalah pendekatan yang berfokus pada analisis data mentah berdasarkan waktu. Dalam konteks detak jantung, metrik seperti interval RR (jarak antar detak jantung), detak per menit (*beats per minute*, BPM), dan variabilitas detak jantung (*Heart Rate Variability*, HRV) dihitung secara langsung dari data waktu. Meskipun sederhana dan mudah dihitung, analisis ini tidak cukup untuk mengungkap pola yang lebih kompleks dalam data fisiologis.

Frequency domain, di sisi lain, menganalisis data dalam ranah frekuensi menggunakan transformasi matematis seperti *Fourier Transform* atau *Wavelet Transform*. Domain ini memungkinkan penguraian sinyal menjadi komponen frekuensinya, sehingga pola seperti aktivitas saraf simpatis dan parasimpatis dapat diidentifikasi. Namun, metode ini membutuhkan kalkulasi yang lebih kompleks dan kurang ideal untuk aplikasi *real-time* pada perangkat *wearable* dengan sumber daya terbatas.

Temporal domain adalah pendekatan yang menggabungkan analisis berbasis waktu dan pola dinamis, yang lebih relevan untuk memantau perubahan dalam data secara kontinu. Dalam konteks pemantauan detak jantung, *temporal domain* memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang perubahan detak jantung dalam kurun waktu tertentu, sehingga dinamika detak jantung dapat dipantau secara lebih komprehensif. Domain ini juga cocok untuk digunakan dalam perangkat *wearable* karena memberikan keseimbangan antara kompleksitas kalkulasi dan akurasi interpretasi data.

Pemilihan temporal domain dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuannya untuk memberikan informasi yang lebih kaya mengenai dinamika detak jantung dibandingkan *time domain*, tanpa kompleksitas tinggi seperti *frequency domain*. Dalam pemantauan real-time, kemampuan ini menjadi sangat penting, terutama untuk mendeteksi perubahan kecil yang dapat menjadi indikator awal dari kondisi kesehatan tertentu. Dengan demikian, analisis temporal domain menjadi pilihan yang optimal untuk memantau dinamika detak jantung menggunakan *wearable devices* secara real-time, karena dapat memberikan data yang lebih bermakna secara fisiologis, dengan tetap mempertahankan efisiensi pemrosesan.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan khusus dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara memanfaatkan temporal domain untuk menganalisis dinamika detak jantung secara *real-time* dengan menggunakan data yang diterima dari *wearable device*?
2. Apa keunggulan pendekatan temporal domain dibandingkan dengan *Time domain* dan *Frequency domain* dalam pemantauan detak jantung secara real-time?
3. Bagaimana pengolahan data dalam temporal domain dapat mendeteksi perubahan kecil pada dinamika detak jantung yang relevan untuk kesehatan pengguna?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dibahas di atas, maka tujuan umum dari penelitian ini adalah membangun sebuah sistem monitoring dinamika temporal detak jantung dengan *wearable device* secara realtime. Untuk mencapai tujuan umum dari penelitian yang diajukan, berikut merupakan tujuan khusus yang perlu dicapai:

1. Mengembangkan metode analisis temporal domain berbasis *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) untuk menganalisis dinamika detak jantung secara *real-time* menggunakan data dari *wearable devices*.
2. Mengidentifikasi keunggulan pendekatan temporal domain berbasis DFA dibandingkan dengan pendekatan *Time domain* dan *Frequency domain* dalam pemantauan detak jantung secara *real-time*.
3. Mengaplikasikan dan menguji pengolahan data berbasis temporal domain untuk mendeteksi perubahan kecil pada dinamika detak jantung yang relevan bagi kesehatan pengguna, serta memberikan informasi fisiologis yang bermakna.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini akan berfokus pada pengembangan sistem yang mampu memvisualisasikan data tanda-tanda vital secara kontinu.
2. Sistem ini akan menggunakan algoritma atau metode analisis data untuk mengidentifikasi nilai-nilai abnormal dalam tanda-tanda vital yang dapat mengindikasikan potensi masalah kesehatan.
3. Sistem ini akan menganalisis data tanda-tanda vital yang dikumpulkan untuk memberikan interpretasi yang komprehensif tentang kondisi kesehatan pasien, membantu tenaga kesehatan dalam membuat keputusan berdasarkan informasi

1.5. Batasan Masalah

Mengingat kompleksitas dan luasnya bidang ini, penelitian ini akan dibatasi pada:

1. Penelitian ini akan fokus pada pemantauan variabilitas detak jantung (HRV) sebagai indikator utama kesehatan. Meskipun tanda vital lain juga penting, penelitian ini akan memprioritaskan HRV karena relevansinya dengan sistem saraf otonom dan stres.

2. Penelitian ini menggunakan data yang sudah dikumpulkan dengan menggunakan perangkat yang sudah tersedia secara komersial.

1.6. Metodologi Penelitian

1.6.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan pendekatan analitik untuk:

1. Mengembangkan dan menguji metode berbasis temporal domain (*Detrended Fluctuation Analysis/DFA*) dalam pemrosesan sinyal detak jantung.
2. Membandingkan kinerja temporal domain dengan *Time domain* dan *frequency domain*.
3. Mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan kecil pada dinamika detak jantung secara real-time.

1.6.2. Data dan Sumber Data

1. Dataset:
 - a. Data detak jantung (*Heart Rate Variability/HRV*) yang dikumpulkan dari *wearable device* (contoh: smartwatch/fitness tracker).
 - b. Data dapat berupa:

Data primer: Rekaman *real-time* dari perangkat wearable PolarH10 seperti HR, RR, rrRMS, *ECG*, ACC.
2. Variabel Penelitian:
 - a. Variabel Independen: Metode analisis (temporal domain, *time domain*, *frequency domain*).
 - b. Variabel Dependen: Kepekaan terhadap perubahan kecil, waktu komputasi.

1.6.3. Prosedur Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metodologi *Agile*, khususnya *Scrum*, untuk memastikan fleksibilitas, kolaborasi, dan iterasi cepat selama proses pengembangan. Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik pengembangan sistem berbasis teknologi yang membutuhkan adaptasi cepat terhadap perubahan kebutuhan dan umpan balik pengguna.

Dalam rangka memastikan proses pengembangan sistem yang efisien, terstruktur, dan responsif terhadap perubahan kebutuhan, digunakan metodologi *Agile* dengan pendekatan *Scrum*. Metodologi ini memungkinkan pengembangan secara iteratif dan kolaboratif, sehingga setiap tahap dapat dievaluasi dan diperbaiki secara berkala berdasarkan umpan balik dari tim pengembang maupun calon pengguna. Proses pengembangan dibagi ke dalam sejumlah sprint yang masing-masing memiliki tujuan dan keluaran yang jelas, memungkinkan pelacakan progres secara transparan dan sistematis yang mana tiap sprint dijelaskan di Tabel I.1.

Tabel I. 1 Tabel Sprint Pengembangan Sistem

Sprint	Tujuan	Output
0 (Inisialisasi)	Studi literatur, perumusan kebutuhan, perancangan awal sistem	Backlog produk, arsitektur awal, rancangan UML
1	Implementasi modul akuisisi data dari <i>Polar H10</i>	Integrasi SDK, pengumpulan data HRV
2	Implementasi modul pra-pemrosesan (filtering noise)	Filter <i>Kalman</i> , segmentasi data
3	Implementasi modul analisis DFA dan komparatif	Algoritma DFA, perhitungan α , perbandingan dengan <i>time/frequency domain</i>
4	Implementasi modul visualisasi	Dashboard web, keterangan

		anomali
5	Integrasi sistem, pengujian, dan validasi	Sistem terintegrasi, hasil pengujian unit & integrasi
6	Uji coba pengguna dan iterasi perbaikan	Feedback pengguna, perbaikan antarmuka dan logika sistem

Tabel I.1 menggambarkan rencana *sprint* dalam pengembangan sistem, mulai dari tahap awal hingga uji coba pengguna. Setiap *sprint* dirancang untuk mencapai tujuan spesifik dengan output yang terukur. *Sprint 0* difokuskan pada inisialisasi proyek, meliputi studi literatur, identifikasi kebutuhan, dan perancangan awal sistem, menghasilkan dokumen backlog produk, arsitektur sistem, serta diagram UML. Selanjutnya, *Sprint 1* hingga *4* mencakup implementasi modul-modul utama sistem, seperti akuisisi data dari perangkat Polar H10, pra-pemrosesan sinyal dengan filter Kalman, analisis data HRV menggunakan metode DFA (Detrended Fluctuation Analysis), hingga visualisasi hasil melalui dashboard web yang informatif. *Sprint 5* ditujukan untuk integrasi seluruh modul dan melakukan pengujian teknis, sedangkan *Sprint 6* fokus pada uji coba oleh pengguna akhir dan iterasi perbaikan berdasarkan masukan yang diperoleh. Pendekatan bertahap ini memastikan sistem dikembangkan secara bertahap, dapat diuji secara menyeluruh, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

1.6.4. Teknik Analisis Data

1. Analisis Statistik Deskriptif:

Menghitung *means*, standar deviasi, dan distribusi data.

2. Uji Hipotesis (Jika Diperlukan):

- a. Uji-t atau ANOVA untuk membandingkan kinerja metode.
- b. Korelasi untuk melihat hubungan antara parameter temporal domain dan kondisi kesehatan.

3. Visualisasi Data:

Grafik *time-series*, plot DFA, dan diagram perbandingan kinerja.

1.7. Tahapan penelitian

Beberapa tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi kepustakaan: Tahapan awal dari penelitian ini adalah studi kepustakaan yang berkaitan dengan tujuan kesehatan, profil kesehatan yang dibentuk oleh tanda-tanda fisiologi manusia, cara mengukur tanda-tanda fisiologi manusia serta nilai batasannya, prevalensi penyakit jantung, faktor-faktor resiko penyakit jantung, metode-metode pengukuran variabilitas detak jantung, assesmen metode DFA untuk pengukuran detak jantung, algorit, serta perkembangan layanan kesehatan saat ini untuk mendukung pendeteksian dan prediksi penyakit jantung.
2. Pengambilan data: pengambilan data dilakukan preliminary studi dimana data orang sehat diambil selama satu minggu dengan PolarH10.
3. Pengolahan data: pengolahan data dilakukan dimulai dari adanya *preprocessing* hingga visualisasi data untuk pengguna.
4. Evaluasi model: setelah pembuatan model, evaluasi dilakukan dengan menggunakan *expert judgement*.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini disusun untuk memberikan pemahaman yang jelas tentang keseluruhan proses penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Pendahuluan di bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka dalam bab ini membahas teori-teori yang relevan dengan penelitian ini, termasuk teori jantung, metode DFA, dan studi sebelumnya terkait penggunaan metode DFA dalam data HRV.

BAB 3 Analisis Sistem

Berisi pemaparan proses eksplorasi dan analisis terhadap sistem yang dikembangkan.

BAB 4 Perancangan Sistem

Pada bab ini menjelaskan rancangan perangkat lunak berdasarkan hasil analisis di bab 3 yang sesuai dengan metodologi pengembangan yang dipakai dengan menggunakan notasi-notasi yang konsisten. Hasil akhir berupa Diagram hasil analisis bergantung metode yang digunakan (terstruktur atau berorientasi objek).

BAB 5 Implementasi dan Pengujian Sistem

Bab ini memuat bagaimana rancangan dibuat menjadi kode program sesuai dengan hasil perancangan.

BAB 6 Penutup

Bab ini berisikan kesimpulan dari laporan ini dan juga saran saran yang bisa bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.