

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Menurut data dari World Health Organization (WHO), penyakit kardiovaskular masih menjadi salah satu penyebab kematian utama di dunia, dengan angka kematian lebih dari 17,9 juta jiwa setiap tahunnya. Hal ini menegaskan pentingnya deteksi dini serta pemantauan kesehatan jantung secara berkelanjutan untuk mencegah komplikasi yang lebih serius. Salah satu teknologi yang berkembang cukup pesat di bidang ini adalah *photoplethysmography* (PPG), yakni metode non-invasif yang mampu memantau tanda-tanda vital seperti detak jantung, saturasi oksigen (SpO_2), dan kondisi vaskular [5][6].

PPG bekerja dengan memanfaatkan LED yang memancarkan cahaya ke permukaan kulit. Intensitas cahaya yang dipantulkan atau diteruskan, kemudian dideteksi oleh fotodioda, yang berbanding lurus dengan perubahan volume darah akibat aktivitas jantung [2][19]. PPG telah banyak diadopsi dalam perangkat *wearable* karena desainnya yang sederhana, biaya rendah, dan kemampuannya dalam mendukung pemantauan kesehatan secara *real-time* [7][8][20].

Akan tetapi, implementasi perangkat *wearable* berbasis PPG masih dihadapkan pada sejumlah tantangan. Gangguan akibat gerakan pengguna (*motion artifact*), interferensi cahaya lingkungan, serta derau listrik 50 Hz menjadi faktor utama yang dapat menurunkan kualitas sinyal [1][4]. Selain itu, proses *filtering* yang kurang tepat juga berpotensi mengubah karakteristik penting sinyal, seperti *pulse transit time* (PTT), yang sangat berpengaruh dalam aplikasi pengukuran tekanan darah berbasis PPG [4].

Berbagai penelitian telah berupaya mengatasi tantangan tersebut melalui pemanfaatan sensor array multispektral maupun pemrosesan digital berbasis kecerdasan buatan (AI) guna mendapatkan frekuensi kerja saat pengukuran [1][3]. Terdapat pula pendekatan sistem *wireless* berbasis mikrokontroler untuk akuisisi sinyal PPG secara *real-time* [9][10]. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan di level sensor dan algoritma digital.

Pendekatan berbasis *analog front-end* (AFE) terintegrasi dengan area kerja frekuensi yang spesifik untuk perangkat *wearable* sendiri masih jarang dilakukan.

Dari uraian tersebut, dapat diidentifikasi adanya gap penelitian berupa kebutuhan desain rangkaian AFE PPG yang mampu menghasilkan sinyal berkualitas tinggi secara langsung sebelum memasuki tahap pemrosesan digital. Pendekatan ini penting untuk mengurangi beban komputasi pada mikrokontroler, menyediakan sinyal yang lebih bersih sejak awal akuisisi, serta memungkinkan perangkat *wearable* digunakan dalam aktivitas sehari-hari.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan perangkat *wearable* berbasis Photoplethysmography (PPG) yang terintegrasi dengan Analog Front-End (AFE), dengan kontribusi utama berupa penyediaan desain AFE PPG analog yang ringkas, hemat daya, dan mudah diintegrasikan pada perangkat *wearable*; validasi hasil pengujian pada aktivitas sehari-hari seperti berdiri, duduk, dan tidur yang menunjukkan rata-rata error di bawah 1% dibandingkan dengan perangkat *wearable* berbasis PPG yang tersedia; serta penyediaan solusi alternatif pengolahan sinyal berbasis hardware analog yang mampu meningkatkan kualitas akuisisi sinyal PPG sebelum tahap pemrosesan digital. Melalui kontribusi tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memperkuat fondasi pengembangan perangkat *wearable* berbasis PPG yang lebih akurat, andal, dan efisien dalam mendukung pemantauan kesehatan secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa rumusan masalah yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengukur sinyal dan mengurangi derau *photoplethysmography* (PPG) dalam pemantauan denyut jantung yang efektif?
2. Bagaimana karakteristik sinyal PPG yang dihasilkan perangkat dalam mengukur aktivitas sehari-hari, seperti berdiri, duduk, dan tidur?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengembangkan sistem pengurangan derau pada sinyal PPG menggunakan filter analog dan digital untuk mendapatkan frekuensi kerja sinyal dalam kondisi sehari-hari, sehingga memungkinkan pemantauan jantung secara *real-time* melalui perangkat *wearable*.
2. Menganalisis dan mengevaluasi karakteristik sinyal PPG (amplitudo, frekuensi, dan stabilitas) yang dihasilkan perangkat *wearable* dalam kondisi aktivitas berdiri, duduk, dan tidur.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memungkinkan masyarakat umum untuk memantau kondisi jantung secara efektif dengan perangkat yang dapat digunakan setiap hari.
2. Memberikan alat bantu bagi tenaga medis dan pengguna yang membutuhkan pemantauan jantung jangka panjang.
3. Meningkatkan kesadaran kesehatan masyarakat melalui kemudahan dalam memantau kondisi jantung secara mandiri.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perangkat PPG *wearable* difokuskan pada pemantauan denyut jantung pengguna saat kondisi sehari-hari meliputi aktivitas ringan, seperti berdiri, duduk dan tidur tanpa mencakup aktivitas berat atau olahraga intens.
2. Pengujian *prototype* dilakukan di lingkungan sehari-hari, seperti di rumah atau di luar ruangan, dengan intensitas cahaya dan tingkat kebisingan lingkungan yang bervariasi.
3. Penelitian hanya mencakup pengurangan derau yang disebabkan oleh gerakan ringan pengguna dan variasi intensitas cahaya, tanpa mencakup gangguan signifikan lainnya, seperti interferensi elektromagnetik.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan dan mempelajari referensi dari berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan teknologi PPG, sensor optik, dan perangkat *wearable*, serta pemantauan kondisi jantung.

2. Perancangan dan Implementasi

Mendesain dan mengembangkan *prototype* yang digunakan untuk menguji dan membandingkan efektivitas perangkat PPG *wearable* dalam pemantauan denyut jantung.

3. Pengukuran Empirik

Melakukan pengujian *prototype* di lingkungan sehari-hari, seperti di rumah atau di luar ruangan dalam berbagai aktivitas ringan dengan melibatkan pengujian *prototype* dengan partisipan dalam kondisi yang telah ditentukan (berdiri, duduk, tidur). Serta memastikan bahwa sensor PPG yang digunakan dapat menghasilkan data yang akurat.

4. Analisis Data

Menganalisis data hasil pengujian untuk mengevaluasi efektivitas *prototype* dalam mengurangi derau sinyal PPG, memantau denyut jantung sehari-hari, serta mengevaluasi fungsionalitas dari *prototype*.

1.7 Proyeksi Pengguna

Proyeksi pengguna dari hasil penelitian ini mencakup:

1. Industri Kesehatan dan Teknologi *Wearable*

Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk pengembangan produk *wearable* yang lebih akurat dalam pemantauan kondisi jantung.

2. Masyarakat Umum

Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh masyarakat umum untuk meningkatkan kesadaran masyarakat melalui kemudahan dalam memantau kondisi jantung.

3. Rumah Sakit dan Tenaga Medis

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu praktis dalam memantau kondisi jantung pasien di luar lingkungan rumah sakit secara *real-time*.

4. Lembaga Pendidikan dan Peneliti

Hasil Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut di bidang teknologi *wearable* dan pemantauan kesehatan berbasis sensor PPG.