

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Penyakit jantung adalah salah satu penyebab kematian terbesar di dunia, dengan angka kematian lebih dari 17,9 juta orang setiap tahunnya menurut data World Health Organization (WHO) [1]. Selain penyakit jantung, terdapat penyakit pernapasan yang juga memiliki tingkat kematian tertinggi dibuktikan dengan pada tahun 2021, penyakit-penyakit pernapasan mendominasi 10 penyebab kematian di dunia menurut data WHO [2]. Monitoring detak jantung dan laju pernapasan menjadi penting untuk pencegahan penyakit jantung dan pernapasan yang mematikan. Terlebih dalam situasi pandemi COVID-19, kebutuhan untuk monitoring detak jantung dan laju pernapasan tanpa kontak menjadi semakin mendesak karena kontak fisik terbatas dan risiko penularan yang tinggi.

Saat ini, terdapat alat monitoring detak jantung seperti *Electrocardiogram* (ECG) dan alat monitoring laju pernapasan seperti stetoskop yang mengharuskan kontak langsung dengan tubuh untuk mendapatkan data detak jantung dan laju pernapasan secara akurat. Namun, metode tanpa kontak juga mulai berkembang disebabkan situasi darurat seperti pandemi COVID-19. Metode tanpa kontak seperti penggunaan radar untuk memantau detak jantung dan laju pernapasan dari jarak tertentu, yang lebih praktis dan cocok untuk situasi pandemi atau kondisi medis yang membatasi kontak langsung [3][4].

Ada beberapa teknologi radar yang dikembangkan untuk monitoring detak jantung dan laju pernapasan tanpa kontak, salah satunya adalah teknologi *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) Radar. FMCW Radar memanfaatkan gelombang radio yang memantul dari permukaan tubuh, memungkinkan deteksi gerakan dada yang dapat menggambarkan pola detak jantung dan laju pernapasan manusia [5]. Pada FMCW Radar ini, dibutuhkan suatu metode yang dapat memisahkan sinyal detak jantung dan laju pernapasan manusia.

Untuk memproses data yang diperoleh dari FMCW Radar, metode filtering seperti *Band Pass Filter* (BPF) digunakan untuk memisahkan frekuensi detak

jantung dari laju pernapasan [6]. Meski demikian, metode ini belum cukup efektif untuk mendapat sinyal detak jantung, terutama karena adanya gerakan harmonik antara pernapasan dan detak jantung yang dapat mengaburkan hasil deteksi [7]. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa *Ensemble Empirical Mode Decomposition* (EEMD) dapat menghasilkan deteksi detak jantung yang lebih akurat [7][8][9]. EEMD memisahkan sinyal menjadi beberapa komponen frekuensi yang dikenal sebagai *Intrinsic Mode Functions* (IMF). Namun, kelemahan dari metode ini adalah bahwa sinyal asli detak jantung tidak selalu berada di IMF yang sama untuk setiap individu [10], sehingga dibutuhkan metode yang dapat mengestimasi sinyal detak jantung dan laju pernapasan secara adaptif berdasarkan hasil fasa ekstraksi yang didapat dari radar FMCW.

Untuk mengatasi kelemahan pada beberapa metode ekstraksi detak jantung dan laju pernapasan yang telah dibahas, dibutuhkan metode yang dapat mengestimasi sinyal detak jantung dan laju pernapasan secara akurat yaitu dengan menggunakan salah satu algoritma *deep learning* berupa *Denoising Autoencoder* (DAE). Algoritma DAE memungkinkan memprediksi sinyal detak jantung dan laju pernapasan yang terdapat pada sinyal hasil ekstraksi fasa dengan akurasi yang lebih tinggi dengan cara mengompresi (*encode*) data input hingga ke fitur-fitur esensial dan kemudian merekonstruksi (*decode*) fitur tersebut menjadi sinyal yang diinginkan. Dengan demikian, pada tugas akhir ini digunakan metode *Denoising Autoencoder* untuk mengestimasi sinyal detak jantung dan laju pernapasan berdasarkan hasil pendeteksian oleh radar FMCW.

Dalam penelitian ini, ditetapkan target akurasi estimasi detak jantung dan laju pernapasan dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) maksimal sebesar 8 BPM. Penentuan target ini didasarkan pada toleransi kesalahan estimasi dalam konteks aplikasi pemantauan tanda vital non-kontak, di mana variasi detak jantung dalam kisaran 5–10 BPM masih dianggap dapat diterima dalam praktik medis sebagai indikator tren kondisi pasien. Selain itu, target ini mengacu pada studi-studi sebelumnya yang menggunakan pendekatan serupa dengan error rata-rata dalam rentang tersebut, sehingga  $RMSE \leq 8$  BPM menjadi ambang batas realistis dan relevan sebagai indikator performa model [11][12][13][14].

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian Deteksi Detak Jantung dan Laju Pernapasan Tanpa Kontak Menggunakan Radar yaitu:

- 1) Bagaimana memisahkan sinyal detak jantung dan laju pernapasan sehingga tidak mengganggu satu sama lain.
- 2) Bagaimana merancang algoritma estimasi detak jantung dan laju pernapasan tanpa kontak menggunakan Radar FMCW.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian Deteksi Detak Jantung dan Laju Pernapasan Tanpa Kontak Menggunakan Radar yaitu:

- 1) Merancang sistem pemisahan sinyal detak jantung dan laju pernapasan pada data radar FMCW sehingga kedua sinyal dapat diperoleh secara terpisah tanpa saling mengganggu.
- 2) Merancang dan mengimplementasikan algoritma estimasi detak jantung dan laju pernapasan tanpa kontak menggunakan radar FMCW dengan rata-rata *error rate* di bawah 8 BPM.

## 1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pemantauan kesehatan tanpa kontak.

Teknologi radar FMCW dengan *denoising autoencoder* memungkinkan pemantauan detak jantung dan laju pernapasan secara non-invasif, sehingga memberikan solusi yang nyaman dan higienis bagi pasien maupun pengguna, terutama dalam situasi yang memerlukan pengawasan terus-menerus.

- 2) Deteksi dini penyakit jantung dan gangguan pernapasan.

Dengan mendeteksi pola detak jantung dan pernapasan secara akurat, sistem ini dapat mengidentifikasi anomali yang berpotensi menjadi indikasi awal penyakit jantung atau gangguan pernapasan, membantu langkah intervensi medis lebih cepat.

- 3) Peningkatan akurasi pemantauan tanda vital tanpa kontak.

Kombinasi radar FMCW dan metode *denoising autoencoder* meningkatkan kemampuan sistem untuk mengurangi *noise* sehingga menghasilkan data tanda vital yang lebih presisi dibandingkan metode konvensional tanpa kontak.

- 4) Potensi aplikasi dalam perawatan lansia dan pasien risiko tinggi.

Teknologi ini ideal untuk memantau kesehatan lansia atau pasien dengan risiko tinggi yang memerlukan pengawasan berkelanjutan tanpa membatasi aktivitas mereka atau menyebabkan ketidaknyamanan.

- 5) Penggunaan dalam penelitian medis dan Teknik Biomedis.

Sistem ini membuka peluang baru dalam pengembangan alat dan metode untuk studi tanda vital, mendukung inovasi dalam bidang medis dan teknik biomedis, termasuk eksplorasi lebih lanjut terhadap solusi berbasis radar dan kecerdasan buatan.

### **Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini berfokus pada pendeteksian detak jantung dan laju pernapasan 1 target (tidak *multi-target*).
- 2) Penelitian ini menggunakan Radar FMCW dengan *bandwidth* 4GHz dari 60 sampai 64GHz.
- 3) Target dalam kondisi minim pergerakan.
- 4) Target berada pada jarak kurang dari 1m dari radar.
- 5) Target berada dalam posisi tegak lurus terhadap Radar FMCW.
- 6) Waktu pemantauan detak jantung dan laju pernapasan sebagai dataset adalah 3 menit.
- 7) Penelitian ini tidak membahas terkait perancangan Radar FMCW.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1) Studi Literatur

Pada tahap pertama, dilakukan studi literatur untuk memahami dasar teori dan teknologi yang relevan dengan monitoring detak jantung dan laju pernapasan tanpa kontak menggunakan Radar FMCW. Studi ini akan mencakup penelaahan tentang metode pengolahan sinyal radar serta teknik estimasi yang digunakan untuk mengatasi gangguan sinyal harmonik. Selain itu, studi literatur juga mencakup kajian tentang aplikasi dan efektivitas penggunaan radar dalam deteksi detak jantung dan laju pernapasan pada subyek manusia.

### 2) Pengukuran Empirik

Pada tahap ini, dilakukan pengukuran empirik menggunakan alat Radar FMCW untuk mengumpulkan data detak jantung dan laju pernapasan dari subyek manusia. Pengukuran dilakukan pada beberapa subyek dengan variasi kondisi fisik dan usia untuk mengumpulkan data yang beragam. Pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan sinyal radar yang dapat dianalisis lebih lanjut.

### 3) Analisis Statistik

Setelah data empirik terkumpul, dilakukan analisis statistik untuk menilai keakuratan dan efektivitas metode pemrosesan sinyal yang digunakan. Analisis ini melibatkan perbandingan antara sinyal yang dihasilkan oleh radar dengan sinyal detak jantung dan laju pernapasan yang diukur menggunakan metode konvensional. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap kualitas pemisahan sinyal detak jantung dan laju pernapasan. Statistik yang digunakan termasuk perhitungan nilai *Root Mean Squared Error* (MSE) untuk menilai rata-rata *error rate* dari metode yang diajukan.

#### 4) Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil studi literatur dan analisis data, dirancang sistem monitoring detak jantung tanpa kontak yang mengintegrasikan Radar FMCW dengan algoritma pengolahan sinyal yang optimal. Sistem ini mencakup pemilihan dan pengaturan parameter radar, pengembangan algoritma *filtering* dan estimasi adaptif, serta perangkat keras yang digunakan untuk mengumpulkan dan memproses data. Sistem ini dirancang untuk meminimalkan gangguan sinyal dan menurunkan rata-rata *error rate* deteksi detak jantung dan laju pernapasan pada berbagai kondisi subyek.

#### 5) Simulasi

Pada tahap ini, dilakukan simulasi untuk menguji kinerja sistem yang telah dirancang. Simulasi dilakukan menggunakan data sintesis yang meniru pola detak jantung dan pernapasan manusia. Hasil simulasi bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode estimasi adaptif untuk deteksi detak jantung. Simulasi ini juga mencakup analisis kecepatan dan keandalan sistem dalam memproses sinyal radar secara *real-time*.

#### 6) Implementasi

Setelah simulasi, tahap terakhir adalah implementasi sistem pada perangkat keras yang sesungguhnya. Pada tahap ini, sistem yang telah dirancang dan diuji dalam simulasi akan diterapkan pada perangkat Radar FMCW.

#### 7) Diseminasi Hasil Penelitian

Setelah pembuatan dan perancangan algoritma dan perangkat keras telah dilakukan, dievaluasi, dan diimplementasikan, hasil penelitian akan dilakukan diseminasi melalui pembuatan buku Tugas Akhir dan publikasi jurnal (*proceeding*).

## 1.6 Proyeksi Pengguna

Proyeksi pengguna yang dapat memanfaatkan hasil penelitian tentang sistem monitoring detak jantung dan laju pernapasan tanpa kontak menggunakan Radar FMCW adalah sebagai berikut:

### 1) Industri Kesehatan

#### a. Rumah Sakit dan Klinik

Untuk pemantauan kondisi jantung dan paru-paru pasien secara terus-menerus, terutama pada pasien yang membutuhkan pengawasan intensif tanpa harus terikat dengan alat medis yang mengharuskan kontak fisik.

#### b. Perusahaan Alat Kesehatan

Produsen perangkat medis dapat memanfaatkan teknologi FMCW Radar untuk mengembangkan alat monitoring jantung dan pernapasan yang lebih praktis, non-invasif, dan mudah digunakan di rumah sakit atau klinik.

### 2) Industri Teknologi

Teknologi radar ini bisa menjadi bagian dari ekosistem kesehatan berbasis *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan integrasi perangkat pemantauan kesehatan secara *real-time* ke dalam sistem rumah pintar atau perangkat *mobile*.

### 3) Industri Olahraga dan Kebugaran

#### a. Perusahaan Kebugaran dan *Gym*

Pemantauan detak jantung selama latihan fisik tanpa kontak dapat membantu pelatih dan pengguna gym untuk melacak kinerja jantung dan paru-paru selama aktivitas fisik, meningkatkan efisiensi pelatihan dan keselamatan pengguna.

b. Pelatih Atlet dan Tim Olahraga

Pelatih profesional dan tim olahraga dapat menggunakan teknologi ini untuk memonitor kesehatan jantung dan paru-paru atlet tanpa mengganggu performa mereka dengan alat pemantau tradisional yang mengharuskan kontak fisik.

4) Universitas dan Institusi Penelitian

a. Penelitian Medis dan Teknik

Universitas atau lembaga penelitian yang berfokus pada teknologi medis dan rekayasa kesehatan dapat memanfaatkan teknologi FMCW Radar sebagai objek penelitian lebih lanjut dalam bidang pemrosesan sinyal, sensor biometrik, atau pengembangan alat medis non-invasif.

b. Laboratorium Biomedis dan Teknik Elektro

Fakultas yang mengajarkan topik seperti teknik biomedis, sistem sensor, atau teknologi radar bisa menggunakan sistem ini dalam proyek penelitian atau pengajaran untuk mengembangkan aplikasi lebih lanjut.

5) Masyarakat dan Pengguna Umum

Pengguna umum dapat memanfaatkan perangkat yang mengadopsi teknologi ini untuk memantau kesehatan jantung dan paru-paru mereka secara mandiri di rumah, meminimalkan kunjungan medis, dan memberikan rasa aman terutama bagi orang yang berisiko tinggi terhadap penyakit jantung dan paru-paru.

6) Sektor Pemerintah dan Layanan Kesehatan Publik

a. Penyuluhan Kesehatan Masyarakat

Pemerintah dapat mengimplementasikan sistem monitoring detak jantung dan laju pernapasan ini dalam program kesehatan masyarakat, terutama dalam deteksi dini penyakit jantung pada populasi dengan akses terbatas ke fasilitas kesehatan canggih.

b. Pemantauan Kesehatan dalam Krisis Kesehatan Global

Selama pandemi atau keadaan darurat kesehatan lainnya, sistem ini bisa digunakan untuk memantau kondisi jantung dan paru-paru masyarakat secara jarak jauh, tanpa perlu kontak fisik yang berisiko.