

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Jantung merupakan organ penting yang berperan dalam memompa darah ke seluruh tubuh untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan nutrisi. Gangguan pada jantung dapat mengganggu peredaran darah dalam tubuh. Salah satu gangguan pada jantung adalah penyakit kardiovaskular. Penyakit kardiovaskular menjadi penyebab kematian tertinggi di Indonesia (Kemenkes RI, 2024). Menurut data Organisasi Kesehatan Dunia pada tahun 2023, penyakit kardiovaskular menyebabkan sekitar 17,8 juta kematian di seluruh dunia, atau sekitar 31% dari total kematian (World Health Organization, 2023).

Pemeriksaan dengan ekokardiografi (USG Jantung) saat ini merupakan prosedur yang seharusnya dilakukan oleh penderita penyakit jantung, baik anak-anak maupun dewasa (Tandra, 2018). Ekokardiografi adalah pemeriksaan non-invasif yang memanfaatkan gelombang suara ultrasonik untuk memvisualisasikan struktur dan fungsi jantung secara *real-time*. Gelombang suara yang digunakan dalam prosedur ini tidak berbahaya, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan berulang kali tanpa menimbulkan efek samping. Ekokardiografi bersifat *portable*, memungkinkan pemeriksaan dilakukan di berbagai lokasi (Novita dkk., 2022).

Selain itu, ekokardiografi dapat mengevaluasi aliran darah di dalam jantung dan pembuluh darah dengan mengukur kecepatan dan arah alirannya. Menurut Hardiyanto dkk. (2016) pemahaman terhadap kecepatan dan arah aliran darah ini penting untuk mendiagnosis penyakit kardiovaskular. Informasi tentang kecepatan dan arah aliran darah diperoleh dari data kecepatan Doppler yang dihasilkan melalui mode *Color Doppler Echocardiography* (CDE). Mode ini bekerja menggunakan sistem Doppler yang didasarkan pada prinsip efek Doppler. Data kecepatan Doppler ditampilkan pada monitor dalam bentuk citra CDE yang memetakan aliran darah menggunakan kode warna (Purwowiyoto dan Diwirya, 2021).

Namun, masalah aliasing dalam data kecepatan Doppler pada citra CDE masih menjadi kendala utama dalam analisis aliran darah. Aliasing adalah artefak

akibat pelipatan nilai kecepatan aliran darah yang menyebabkan pembalikan warna pada citra, sehingga visualisasi aliran darah menjadi tidak akurat. Aliasing terjadi ketika kecepatan aliran darah yang diukur melampaui kecepatan Nyquist. Kecepatan Nyquist merupakan nilai batas maksimum agar kecepatan aliran darah dapat diukur secara akurat oleh sistem tanpa terjadi aliasing (Poree dkk., 2021). Aliasing menyebabkan pelipatan nilai kecepatan, di mana ini merupakan kondisi ketika kecepatan aliran darah yang melampaui kecepatan Nyquist tidak dapat ditampilkan secara langsung dengan benar, melainkan dipaksa kembali ke dalam rentang kecepatan yang tersedia. Hal ini mengakibatkan nilai kecepatan yang dihasilkan salah dan ditampilkan pada citra dengan arah yang berlawanan dari arah yang sebenarnya.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang aliran darah dan masalah aliasing dalam data kecepatan Doppler. Penelitian yang dilakukan oleh Okada dkk. (2023) menemukan bahwa, penggunaan sudut ganda pada pengukuran Doppler dapat mengurangi nilai *Pulse Repetition Frequency* (PRF). Hal ini mengakibatkan rendahnya kecepatan Nyquist, sehingga data aliran darah pada jantung rentan terjadi masalah aliasing. Aliasing merupakan tantangan dalam estimasi kecepatan dan arah aliran darah di dalam jantung. Untuk itu, diperlukan suatu metode yang dapat mengatasi masalah aliasing.

Posada dkk. (2014) menggunakan metode pencitraan *ultrafast ultrasound imaging* dengan skema PRF bertingkat untuk memperoleh gambar Doppler pada *frame-rate* yang sangat tinggi dan mengatasi dilema ambiguitas kecepatan (masalah aliasing) pada pencitraan Doppler. Metode ini berhasil meningkatkan *frame-rate* dan memperluas kecepatan Nyquist untuk menghilangkan masalah aliasing. Jeon dkk. (2023) memperkenalkan kerangka kerja baru menggunakan jaringan saraf konvolusional, yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk analisis menyeluruh gambar Doppler spektral dan jaringan Doppler. Kerangka kerja ini menggabungkan pengukuran otomatis dan deteksi akhir diastole ke dalam satu metode. Hasil empiris menunjukkan bahwa kerangka kerja ini dapat mencegah terjadinya aliasing.

Nahas Hishii (2023) menerapkan kombinasi algoritma *Extended Least Squares Vector Doppler* (ELS-VD), prinsip pemrosesan *Single-Instruction and Multiple-Thread* pada *Graphical Processing Unit* (GPU) RTX-2080 untuk mengatasi masalah aliasing pada estimasi vektor aliran dalam teknik vektor Doppler. Algoritma ini mampu menghasilkan peta vektor aliran bebas aliasing pada dataset pencitraan *high frame-rate* yang diakuisisi dengan berbagai pasangan sudut *transmit-receive*.

Penelitian Oktamuliani dkk. (2021) telah berhasil menerapkan metode de-aliasing untuk rekonstruksi data kecepatan Doppler pada citra CDE *apical 3-chamber view*, yang mencakup atrium kiri, ventrikel kiri dan aorta. Metode de-aliasing adalah metode rekonstruksi nilai kecepatan yang mengalami pelipatan akibat aliasing dengan memperluas rentang kecepatan Nyquist. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode de-aliasing efektif dalam merekonstruksi aliran darah pada jantung. Namun, penerapannya masih terbatas pada analisis 3 ruang jantung, sehingga belum memberikan representasi lengkap mengenai anatomi dan fungsi jantung.

Di Rumah Sakit Universitas Andalas, khususnya pada unit kardiologi, citra CDE sering menunjukkan aliasing pada tampilan 4 ruang jantung (*apical 4-chamber view*). Hal ini menimbulkan tantangan dalam menganalisis pola aliran darah di seluruh struktur jantung secara akurat, terutama dalam diagnosis penyakit kardiovaskular. Sebagai salah satu tampilan utama dalam ekokardiografi, *apical 4-chamber view* memiliki peran penting dalam memberikan representasi lengkap mengenai anatomi dan fungsi jantung. Tampilan ini mencakup atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, ventrikel kiri, serta dua katup jantung yaitu katup trikuspid dan katup mitral. Namun, masalah aliasing dalam tampilan ini menghambat evaluasi aliran darah.

Aliasing mengakibatkan perubahan arah dan besaran kecepatan yang tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, sehingga menimbulkan interpretasi yang tidak akurat terhadap informasi aliran darah. Kondisi ini dapat menghambat dokter dalam menilai fungsi jantung maupun mendiagnosis penyakit kardiovaskular. Oleh karena itu, aliasing dalam data kecepatan Doppler perlu dihilangkan agar hasil pencitraan

lebih akurat dan interpretasi aliran darah dapat dilakukan dengan lebih tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan masalah aliasing dengan menerapkan metode de-aliasing pada citra *CDE apical 4-chamber view*. Metode ini dipilih karena mampu merekonstruksi kecepatan aliran darah secara menyeluruh pada citra. Selain itu, metode de-aliasing diterapkan secara komputasional melalui algoritma komputasi menggunakan *software* MATLAB (*Matrix Laboratory*).

Pemilihan MATLAB didasarkan pada kelengkapan pustaka dan fleksibilitas pemrogramannya. Selain itu, MATLAB menyediakan fasilitas pembuatan GUI (*Graphical User Interface*) yang memudahkan penerapan metode de-aliasing dengan visualisasi hasil secara interaktif. Penerapan metode de-aliasing melibatkan pemodelan matematis dan simulasi serta berbagai teknik pemrosesan citra guna mengoptimalkan kualitas citra hasil. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi interpretasi aliran darah di seluruh struktur jantung, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap anatomi dan fungsi jantung. Dengan demikian, ketepatan dalam diagnosis penyakit kardiovaskular dapat ditingkatkan.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah menghilangkan masalah aliasing pada citra *CDE apical 4-chamber view* dengan penerapan metode de-aliasing menggunakan *software* MATLAB R2016b dan mengevaluasi kinerja metode de-aliasing dalam meningkatkan akurasi interpretasi aliran darah di seluruh struktur jantung.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat membantu dokter dalam membuat diagnosis yang lebih akurat dan perencanaan perawatan yang lebih efektif bagi pasien dengan penyakit kardiovaskular. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi ekokardiografi yang lebih akurat dan andal, khususnya dalam mengamati fungsi jantung secara keseluruhan.

#### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari pemeriksaan ekokardiografi di Rumah Sakit Universitas Andalas.
2. Penelitian ini dibatasi hanya pada citra CDE *apical 4-chamber view* yang mengandung masalah aliasing.
3. Penerapan metode de-aliasing dilakukan menggunakan *software* MATLAB R2016b.

#### 1.5 Hipotesis

Metode de-aliasing yang dikembangkan akan memperluas rentang kecepatan Nyquist secara signifikan, sehingga dapat mengurangi atau menghilangkan masalah aliasing dalam data kecepatan Doppler. Penerapan metode de-aliasing akan meningkatkan akurasi interpretasi aliran darah di seluruh struktur jantung.

