

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penyakit kardiovaskular (*Cardiovascular Diseases/CVD*) telah menjadi penyebab kematian tertinggi di dunia selama dua dekade terakhir. Walaupun di beberapa kawasan terjadi penurunan tingkat kematian yang telah disesuaikan dengan usia, jumlah kematian secara keseluruhan akibat CVD justru terus mengalami peningkatan. Berdasarkan laporan kesehatan global, pada tahun 2019 tercatat sekitar 17,9 juta kematian yang disebabkan oleh penyakit kardiovaskular, yang menunjukkan kenaikan sebesar sekitar 25,1% dibandingkan dengan tahun 2000 [1]. Jumlah tersebut kembali meningkat menjadi 20,5 juta kematian pada tahun 2021, dengan sebagian besar kasus terjadi di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah [2][3]. Kardiomegali merupakan kondisi pembesaran jantung yang dapat disebabkan oleh berbagai gangguan struktural maupun fungsional. Beberapa faktor penyebab utama meliputi hipertensi kronis yang memicu hipertrofi ventrikel kiri, penyakit arteri koroner yang mengurangi suplai darah ke miokard [4]. Berbagai bentuk kardiomiopati dilatasi, hipertrofik, maupun restriktif juga berperan signifikan dalam perkembangan kardiomegali. Selain itu, kondisi seperti penyakit jantung bawaan, gangguan tiroid, anemia berat, dan penyakit paru kronis dapat menyebabkan peningkatan beban kerja jantung yang berujung pada pembesaran jantung [4]. Meskipun data epidemiologi spesifik mengenai kardiomegali masih terbatas, di Amerika Serikat angka kondisi ini diperkirakan mencapai sekitar 5,8 juta orang [4], dan studi autopsi di Chicago menemukan insiden kardiomegali sebesar 19% pada populasi muda dengan kematian jantung mendadak [5].

Metode diagnosis pembesaran jantung menggunakan rasio kardiotorasik (*Cardiothoracic Ratio/CTR*) pada rontgen dada masih banyak digunakan, namun terdapat penelitian telah menunjukkan bahwa nilai CTR memiliki korelasi lemah dengan ukuran nyata jantung yang diukur oleh MRI jantung. Penelitian oleh, Simkus et al. (2021) menemukan bahwa CTR hanya mampu membedakan pembesaran jantung dengan AUC berkisar 0,6–0,7, sehingga memiliki sensitivitas dan spesifitas terbatas [6]. Selain keterbatasan metode pengukuran, diagnosis berbasis interpretasi visual citra rontgen juga dipengaruhi oleh subjektivitas radiolog karena terdapat variasi interpretasi antar pemeriksa dalam menilai temuan

pada citra dada [7]. Beberapa studi melaporkan adanya *interobserver variability*, yaitu perbedaan pendapat antar radiolog dalam menginterpretasikan klasifikasi keparahan penyakit pada rontgen dada yang sama, khususnya pada kasus sedang hingga ringan [7]. Fenomena ini menunjukkan bahwa meskipun radiolog memiliki keahlian klinis, pengalaman dan persepsi individu tetap dapat memengaruhi interpretasi radiologi, dan variabilitas antar pemeriksa merupakan hal yang umum terjadi dalam evaluasi citra diagnostik [8]. Oleh karena itu, sistem otomatis tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran dokter, melainkan sebagai alat bantu (*decision support system*) yang dapat membantu konsistensi interpretasi pada *workflow* radiologi klinis [7].

Perkembangan Convolutional Neural Network (CNN) dalam analisis citra medis terus menunjukkan hasil yang signifikan, khususnya pada tugas klasifikasi dan deteksi kelainan berbasis citra radiologi. CNN dipilih dalam penelitian ini karena arsitektur tersebut dirancang khusus untuk mengolah data visual dengan memanfaatkan hubungan spasial antar piksel, yang sangat relevan dengan karakteristik citra rontgen dada yang mengandung pola anatomi dan morfologi jantung. Berbeda dengan metode klasifikasi konvensional yang bergantung pada ekstraksi fitur secara manual, CNN mampu mempelajari fitur-fitur penting secara hierarkis dan otomatis langsung dari data citra, sehingga mengurangi ketergantungan pada subjektivitas perancang fitur serta meningkatkan konsistensi hasil analisis [9].

Struktur CNN umumnya terdiri atas lapisan konvolusi yang berperan sebagai pengekstraksi fitur visual tingkat rendah hingga tinggi, seperti tepi, bentuk, dan pola struktur organ, yang kemudian diikuti oleh lapisan *pooling* untuk menurunkan dimensi spasial tanpa kehilangan informasi penting. Selanjutnya, lapisan *fully connected* digunakan untuk mengintegrasikan fitur-fitur tersebut dalam menghasilkan prediksi akhir [10]. Pendekatan ini sangat sesuai untuk mendeteksi kardiomegali, karena pembesaran jantung pada citra rontgen ditandai oleh perubahan bentuk dan proporsi anatomi yang dapat dikenali melalui pola spasial citra. Dalam pelatihan model CNN untuk citra rontgen dada, penelitian-penelitian terkini umumnya menerapkan tahapan pra-pemrosesan seperti normalisasi nilai piksel, augmentasi dataset, serta pembagian data ke dalam set pelatihan, validasi, dan pengujian. Tahapan tersebut bertujuan untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model serta menjaga kestabilan performa pada data yang berasal dari berbagai sumber dan kondisi pencitraan yang berbeda [11].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas penerapan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mendeteksi kardiomegali. Bahtiar Waskito dkk. (2022) melaporkan performa klasifikasi kardiomegali menggunakan CNN dengan akurasi pengujian sebesar 95,59%, nilai presisi 97%, serta recall sebesar 89% [12]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Alimi (2024) mengembangkan sistem deteksi penyakit TBC berbasis CNN pada citra X-ray, dengan hasil akurasi sebesar 93% pada data pelatihan dan 85% pada data pengujian [13]. Selain itu, Fan et al. (2024) mengusulkan pengembangan model R-CNN yang tidak hanya berfokus pada klasifikasi kelainan, tetapi juga mampu melakukan proses lokalisasi kelainan. Penelitian tersebut menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat tinggi antara model dan pengamat dengan nilai ICC (*Intraclass Correlation Coefficient*) di atas 0,95, yang mengindikasikan akurasi yang sangat baik dalam proses identifikasi dan pelokalan kelainan. ICC sendiri merupakan ukuran statistik yang digunakan untuk menilai tingkat konsistensi atau kesesuaian antara dua atau lebih pengamat atau alat ukur, dalam hal ini antara radiolog senior sebagai pengamat manusia dan model *deep learning*. Temuan ini membuka peluang besar dalam pengembangan sistem diagnosis otomatis pada citra rontgen dada (CXR), meskipun masih terdapat tantangan terkait ketersediaan dataset dengan anotasi *bounding box* dalam jumlah yang memadai untuk melatih model dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi [14].

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan performa yang tinggi dalam mendeteksi kardiomegali menggunakan CNN, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengembangan dan evaluasi model secara eksperimental. Implementasi model ke dalam sistem yang dapat digunakan secara langsung oleh pengguna, khususnya dalam bentuk sistem pendukung keputusan yang interaktif, masih sangat terbatas. Selain itu, aspek interpretabilitas hasil model serta kemudahan penggunaan sistem oleh pengguna non-teknis, seperti tenaga medis atau akademisi, belum menjadi fokus utama pada penelitian-penelitian sebelumnya. Padahal, integrasi kecerdasan buatan ke dalam sistem klinis seperti PACS (*Picture Archiving and Communication System*) telah terbukti mampu meningkatkan akurasi diagnostik hingga lebih dari 93% pada beberapa modalitas pencitraan serta mempercepat alur kerja radiologi. PACS (*Picture Archiving and Communication System*) merupakan sistem terkomputerisasi yang dirancang untuk mendukung proses pengambilan, pengiriman, penyimpanan, pengelolaan, penayangan, serta interpretasi berbagai jenis citra radiologi secara terintegrasi [15]. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan AI ke dalam sistem pencitraan medis yang bersifat aplikatif dan mudah digunakan merupakan arah pengembangan yang

penting dalam transformasi teknologi radiologi modern [16].

Di sisi lain, dilakukan evaluasi terhadap penggunaan sistem PACS dan RIS di rumah sakit tingkat provinsi Yogyakarta menunjukkan bahwa meskipun sistem ini memberikan kemudahan penyimpanan dan akses citra medis secara digital, implementasinya masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan perangkat, penurunan kinerja saat memuat citra besar, serta fitur tertentu yang sulit dipahami oleh tenaga medis yang belum mendapatkan pelatihan. Selain itu, sebagian besar PACS yang digunakan di fasilitas kesehatan masih berfokus pada manajemen citra dan belum menyediakan fitur analisis otomatis terhadap kelainan radiologis, termasuk pendektsian kardiomegali [15]. Kondisi ini membuka peluang penelitian untuk mengembangkan model deteksi kardiomegali berbasis CNN yang dapat digunakan sebagai sistem pendukung dalam analisis citra rontgen dada. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak dimaksudkan untuk diintegrasikan langsung ke dalam PACS, melainkan sebagai prototipe awal yang menunjukkan potensi pemanfaatan AI dalam mendukung analisis citra radiologi.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan dan evaluasi performa model CNN untuk deteksi kardiomegali, sebagaimana yang umumnya dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya [12] [13] [14], tetapi juga mengintegrasikan model tersebut ke dalam sebuah sistem berbasis web yang interaktif dan dapat diakses secara *online*. Berbeda dengan penelitian serupa yang berhenti pada tahap evaluasi akurasi model, sistem yang dibangun dalam penelitian ini dirancang untuk mendukung penggunaan praktis melalui antarmuka yang *user friendly*, penyajian hasil secara *realtime*, serta visualisasi deteksi seperti *bounding box* dan Grad-CAM untuk membantu interpretasi hasil oleh pengguna.

Selain itu, penelitian ini menempatkan aspek kegunaan sistem (*usability*) sebagai bagian dari evaluasi, sehingga tidak hanya menilai performa teknis model, tetapi juga kemudahan penggunaan dan penerimaan sistem oleh pengguna. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penggabungan antara pengembangan model CNN, implementasi sistem berbasis web, serta penyajian visualisasi hasil deteksi dalam satu kesatuan sistem pendukung keputusan (*decision support system*). Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini memiliki perbedaan yang jelas dibandingkan penelitian sebelumnya, yaitu berorientasi pada penerapan sistem yang aplikatif dan siap digunakan, bukan hanya pada pengujian model secara eksperimental.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses rancang bangun sistem deteksi kardiomegali berbasis web menggunakan model CNN pada citra rontgen dada sehingga mampu menampilkan hasil deteksi secara visual dan informatif?
2. Bagaimana tingkat kegunaan (*usability*) dan kepuasan pengguna terhadap sistem deteksi kardiomegali berbasis web yang dibangun berdasarkan metode SUS (*System Usability Scale*)?

1.3 Batasan Permasalahan

Untuk menjaga agar penelitian tetap terarah, maka ditetapkan beberapa batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada proses deteksi kardiomegali pada citra rontgen dada (*Chest X-Ray*) dengan menerapkan metode CNN.
2. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada citra rontgen dada yang diperoleh dari sumber dataset publik, yaitu *Kaggle*, dengan nama dataset Cardiomagly Disease Prediction Using CNN.
3. Sistem yang dikembangkan hanya menerima unggahan citra rontgen dada yang memperlihatkan area jantung dan tidak akan diterapkan pada jenis citra rontgen lainnya.
4. Sistem yang dibangun berbasis web, dengan fungsi utama menampilkan hasil deteksi model CNN beserta visualisasi berupa Grad-CAM dan *Bounding Box*.
5. Penelitian tidak membahas aspek klinis lebih lanjut terkait pengobatan, prognosis, maupun integrasi ke dalam sistem rumah sakit seperti PACS secara penuh.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem deteksi kardiomegali berbasis web menggunakan model CNN pada citra rontgen dada yang mampu melakukan proses deteksi secara otomatis serta menampilkan hasil deteksi secara visual dan informatif.
2. Mengetahui tingkat kegunaan (*usability*) dan kepuasan pengguna terhadap sistem deteksi kardiomegali berbasis web yang dikembangkan berdasarkan metode SUS (*System Usability Scale*).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis: Memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian di bidang AI, khususnya penerapan CNN pada analisis citra medis.
2. Manfaat Praktis: Memberikan solusi berupa prototipe sistem deteksi kardiomegali berbasis web yang dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu (*decision support system*) untuk tenaga medis. Sistem ini diharapkan dapat mempercepat proses identifikasi awal dan memberikan visualisasi pendukung, meskipun hasil diagnosis tetap memerlukan verifikasi oleh tenaga medis profesional.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini berisi penjelasan singkat mengenai struktur serta alur penyusunan laporan penelitian yang disusun secara sistematis, dimulai dari bab pendahuluan hingga bab kesimpulan dan saran. Susunan sistematika penulisan laporan penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta gambaran umum sistematika penulisan laporan.

2. Bab 2 Landasan Teori

Bab ini menguraikan teori-teori dan konsep dasar yang mendukung penelitian, mencakup pengertian citra digital, penyakit kardiomegali, metode CNN, serta arsitektur ResNet-50.

3. Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini memaparkan tahapan metode penelitian yang diterapkan, analisis sistem, serta perancangan sistem yang dikembangkan, termasuk *flowchart* dan desain antarmuka pengguna.

4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem, proses pengujian model dan sistem, serta analisis terhadap data penelitian guna menjawab permasalahan yang telah dirumuskan.

5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan tujuan yang telah ditetapkan, serta saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.

