

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pneumonia merupakan salah satu infeksi saluran pernapasan yang sangat berpengaruh terhadap angka kematian, terutama di negara-negara berkembang. Penyakit ini terjadi ketika bakteri, virus, atau jamur menyerang alveoli paru-paru, menyebabkan ruang udara terisi cairan, dan menghasilkan gejala seperti batuk, demam, nyeri dada, hingga kesulitan bernapas [1]. Menurut data dari *World Health Organization* (WHO), pneumonia menyebabkan kematian lebih dari 800.000 anak setiap tahunnya dan menjadi penyebab utama kematian pada kelompok usia lanjut di Indonesia [2]. Permasalahan ini diperparah oleh faktor-faktor seperti polusi, sanitasi yang buruk, dan keterbatasan fasilitas kesehatan.

Citra *x-ray* telah menjadi alat utama dalam diagnosis pneumonia karena biayanya yang terjangkau dan mudah diakses. Namun, kualitas data *x-ray* yang bervariasi dan kurangnya anotasi yang tepat sering menghambat pemanfaatan data tersebut dalam pengembangan teknologi kecerdasan buatan [3]. Selain itu, data *x-ray* sering memiliki kualitas yang bervariasi, dengan distribusi intensitas piksel yang tidak seragam antara kelas Normal dan Pneumonia. Analisis statistik piksel menjadi langkah penting untuk memahami pola distribusi ini, yang kemudian dapat dijadikan dasar untuk menentukan spesifikasi model agar mampu menangkap fitur relevan dengan lebih baik. Meskipun diagnosis manual menggunakan citra *x-ray* cepat dan relatif murah dibandingkan dengan metode lain seperti *CT scan* [4], akurasi diagnosis sangat bergantung pada keahlian dokter radiologi. Oleh karena itu, dengan kemajuan teknologi, penerapan kecerdasan buatan, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), menjadi solusi potensial untuk meningkatkan deteksi otomatis pneumonia dengan lebih akurat [5].

Selama beberapa tahun terakhir, penggunaan *deep learning* dalam bidang kedokteran terus berkembang, terutama untuk analisis citra medis. *Convolutional Neural Network* (CNN) menjadi arsitektur yang banyak digunakan karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur penting secara otomatis [6],

menjadikannya solusi potensial untuk deteksi pneumonia berbasis citra *x-ray*. Namun, tantangan interpretabilitas sering kali muncul akibat kompleksitas model, sehingga menghambat adopsinya dalam praktik klinis yang menuntut justifikasi atas hasil diagnosis. Untuk mengatasi hal ini, *attention mechanism* diterapkan dalam CNN agar model dapat memfokuskan perhatian pada area-area penting dalam citra, meningkatkan akurasi sekaligus memberikan visualisasi interpretatif [7]. Integrasi teknik ini dengan algoritma *ensemble* seperti ResNet, DenseNet, dan Inception juga terbukti mampu memperkuat performa klasifikasi citra medis [4]. Meskipun *attention mechanism* telah berhasil di berbagai domain, penerapannya untuk deteksi pneumonia dari citra *x-ray* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan pendekatan yang seimbang antara akurasi tinggi dan interpretabilitas yang relevan dalam konteks klinis.

Meskipun CNN telah berhasil meningkatkan kemampuan deteksi otomatis di bidang kesehatan, beberapa kendala perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah kompleksitas interpretasi model yang menyulitkan tenaga medis untuk memahami keputusan yang diambil. Dalam dunia medis, interpretabilitas merupakan hal yang krusial karena dokter perlu memahami alasan di balik hasil diagnosis untuk memastikan akurasi dan membangun kepercayaan terhadap teknologi tersebut [8]. Model yang dapat menjelaskan memori dan perhatian terhadap fitur penting dalam citra akan meningkatkan kualitas keputusan klinis.

Selain itu, tantangan lain adalah ketidakseimbangan dalam dataset, di mana jumlah citra pasien tanpa pneumonia jauh lebih banyak dibandingkan citra pasien pneumonia [9]. Untuk mengatasi masalah ini, mekanisme perhatian (*attention mechanism*) dapat digunakan agar model lebih fokus pada area-area penting dalam citra. *Attention mechanism* adalah teknik yang memungkinkan model untuk memberikan bobot yang berbeda pada bagian tertentu dari citra [10], sehingga model dapat secara selektif menekankan pola abnormal di paru-paru seperti infiltrasi atau konsolidasi, yang merupakan indikator utama dari penyakit ini. Pendekatan ini tidak hanya dapat meningkatkan akurasi tetapi juga mendukung interpretabilitas model dalam konteks klinis.

Penelitian ini sangat relevan karena menempatkan perhatian pada pengembangan model *deep learning* yang robust dengan mempertimbangkan masalah ketidakseimbangan data. Teknik seperti augmentasi data, penyeimbangan kelas, serta penggunaan algoritma optimasi hyperparameter seperti *Random Search* pada model CNN yang dilengkapi *attention mechanism*, digunakan untuk meningkatkan generalisasi dan kinerja model dalam mendeteksi pneumonia dari citra *x-ray*.

Penelitian ini akan berfokus pada penerapan dan evaluasi metode CNN yang dilengkapi dengan *attention mechanism* pada dataset citra *x-ray* yang tersedia secara publik. Pendekatan tambahan seperti optimasi hyperparameter dengan *Random Search* juga diharapkan dapat menangani dataset yang tidak seimbang dan meningkatkan performa model secara keseluruhan, sehingga mencapai keseimbangan antara akurasi tinggi dan interpretabilitas yang relevan. Lingkup penelitian ini terbatas pada diagnosis pneumonia dan tidak mencakup penyakit paru-paru lainnya. Selain itu, penelitian ini hanya berfokus pada pengembangan perangkat lunak dan analisis data tanpa melibatkan pengembangan perangkat keras.

Untuk memastikan sistem dapat diakses dan digunakan secara luas oleh masyarakat maupun tenaga medis, diperlukan antarmuka yang praktis dan mudah dioperasikan tanpa memerlukan perangkat khusus. Oleh karena itu, selain merancang model klasifikasi berbasis *deep learning*, penelitian ini juga mengembangkan antarmuka sistem dalam bentuk bot Telegram. Telegram dipilih karena merupakan platform komunikasi yang ringan, bersifat multiplatform, serta mendukung interaksi real-time melalui pesan teks, gambar, dan tombol interaktif. Bot ini dirancang untuk memfasilitasi seluruh proses, mulai dari pengunggahan citra *x-ray* oleh pengguna, verifikasi jenis citra secara otomatis, klasifikasi kondisi paru-paru, hingga penyajian hasil deteksi dan visualisasi Grad-CAM++ langsung melalui aplikasi. Dengan integrasi ini, sistem yang dibangun tidak hanya unggul dari sisi akurasi dan interpretabilitas, tetapi juga ramah pengguna dan mudah diakses, bahkan di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur teknologi.

1.2 Kajian Terdahulu

Untuk menunjukan bahwa penelitian ini tidak ada unsur plagiat terhadap penelitian ini, dalam Tabel 1.1 diuraikan penelitian sebelumnya mengenai deteksi pneumonia berbasis citra *x-ray* menggunakan metode *deep learning*.

Tabel 1.1 Kajian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1	Irma Eryanti Putri.	2024	Model <i>Ensamble Convolutional Neural Network</i> (CNN) Menggunakan <i>Random Search</i> Untuk Deteksi Pneumonia Berdasarkan <i>Chest X-Ray</i>
2	Dikai Li.	2024	<i>Attention-Enhanced Architecture for Improved Pneumonia Detection in Chest X-ray Images</i>
3	Qiuyu An, Wei Chen, Wei Shao.	2024	<i>A Deep Convolutional Neural Network for Pneumonia Detection in X-ray Images with Attention Ensemble</i>
4	Sukhendra Singh ¹ , Manoj Kumar, Abhay Kumar, Birendra Kumar Vermal, S. Shitharth	2023	<i>Pneumonia Detection with QCSA Network on Chest X-ray</i>
5	Jopa Yopento, Ernawati, Funny Farady Coastera.	2022	Identifikasi Pneumonia Pada Citra <i>X-ray</i> Paru-paru Menggunakan Metode <i>Covolutional Neural Network</i> . (CNN) Berdasarkan Ekstraksi Fitur Sobel

Penelitian oleh Irma Eryanti Putri ini membahas implementasi *Random Search* sebagai metode optimasi hyperparameter pada ensembel model *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi pneumonia dari data *Chest x-ray*. Dataset yang digunakan terdiri dari 5.856 gambar *x-ray* yang diproses melalui beberapa tahapan, yaitu preprocessing data, pembuatan *ensemble* model CNN, optimasi hyperparameter menggunakan *Random Search*, dan evaluasi model.

Model ensemble. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *ensemble* model dengan optimasi *Random Search* berhasil meningkatkan akurasi model menjadi 94%, dengan *recall* sebesar 100%, *precision* 89%, dan *f1-score* 94%. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi hyperparameter menggunakan *Random Search* mampu mengurangi risiko *overfitting* dan meningkatkan efisiensi pelatihan model [4]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendukung diagnosis dini pneumonia secara otomatis dengan akurasi tinggi, sehingga dapat mengurangi angka kematian akibat pneumonia dan membantu tenaga medis dalam pengambilan keputusan.

Penelitian oleh Dikai Li ini mengembangkan arsitektur berbasis perhatian (*attention-enhanced architecture*) yang diintegrasikan dalam model ResNet untuk meningkatkan akurasi deteksi pneumonia pada gambar *x-ray*. Mekanisme perhatian kanal (*channel attention*) dan spasial (*spatial attention*) diimplementasikan untuk menyoroti fitur penting dalam gambar, sehingga membantu model mengenali pola pneumonia dengan lebih baik. Selain itu, *Focal Loss* digunakan untuk menangani ketidakseimbangan data dengan memberikan bobot lebih pada kelas minoritas. Dataset yang digunakan terdiri dari 5.856 gambar *x-ray*, dengan distribusi 4.273 gambar pneumonia dan 1.583 gambar normal. Model *baseline* ResNet-50 yang awalnya memiliki akurasi sebesar 94% ditingkatkan menjadi 98% melalui integrasi mekanisme perhatian, *skip connection*, dan *Focal Loss* [11]. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa mekanisme perhatian meningkatkan interaksi fitur antar skala, sehingga memperkaya representasi fitur model. Tujuan utama penelitian ini adalah memberikan solusi diagnosis pneumonia yang cepat, akurat, dan dapat diterapkan di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya medis.

Penelitian oleh Qiuyu An, dkk ini mengembangkan model ensemble berbasis EfficientNetB0 dan DenseNet121 yang dilengkapi dengan mekanisme perhatian seperti *multi-head self-attention*, *attention-based feature fusion*, dan *dynamic pooling*. Dataset yang digunakan terdiri dari 5.856 gambar *x-ray*, yang diproses melalui tahapan preprocessing, ekstraksi fitur, fusi fitur, dan pengklasifikasian. Model ini menghasilkan performa yang tinggi, dengan akurasi 95,19%, *precision* 98,38%, *recall* 93,84%, dan *F1-score* 96,06%. Integrasi berbagai mekanisme perhatian membantu model fokus pada area penting dalam citra, seperti

lesi pneumonia, sehingga memberikan hasil diagnosis yang lebih akurat dan relevan [12]. Penelitian ini bertujuan untuk mendukung deteksi dini pneumonia secara otomatis dan efisien, dengan potensi besar untuk diterapkan dalam pengambilan keputusan klinis.

Penelitian oleh Sukhendra Singh, dkk ini mengusulkan arsitektur *Quaternion Channel-Spatial Attention Network* (QCSA) yang mengintegrasikan mekanisme *channel attention* dan *spatial attention* dalam jaringan *Quaternion Convolutional Neural Networks* (QCNN). Dataset yang digunakan terdiri dari 5.856 gambar *x-ray* dari Kaggle, yang terbagi menjadi dua kategori: pneumonia dan normal. Mekanisme perhatian ini membantu model fokus pada fitur penting dalam gambar, sambil mengabaikan bagian yang tidak relevan. Model ini berhasil mencapai akurasi 94,53% dan AUC 0,89 [13]. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan QCNN dengan mekanisme perhatian mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi deteksi pneumonia, serta dapat diterapkan di lingkungan dengan sumber daya medis terbatas.

Penelitian oleh Jopa Yopento, Ernawati, dan Funny Farady Coastera ini membahas implementasi *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis ekstraksi fitur Sobel untuk mendeteksi pneumonia dari citra *x-ray* paru-paru. Dataset yang digunakan terdiri dari citra *x-ray* yang diproses melalui tahapan preprocessing, ekstraksi fitur Sobel, pelatihan CNN, dan evaluasi model. Ekstraksi fitur Sobel digunakan untuk mendeteksi tepi pada citra guna meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola pada gambar kabur atau dengan noise. Model ini dioptimalkan dengan *epoch* sebanyak 50, learning rate 0.0001, dan *batch size* 20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi sebesar 91,54%, dengan *precision* 91% dan *recall* 92,8% [3]. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan solusi diagnosis pneumonia secara otomatis dengan tingkat akurasi tinggi, yang diharapkan dapat mendukung tenaga medis dalam pengambilan keputusan klinis secara lebih efisien.

Berdasarkan kajian terhadap berbagai penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki keunikan melalui implementasi *attention mechanism* dalam model CNN yang dikombinasikan dengan optimasi hyperparameter menggunakan *Random*

Search untuk mendeteksi pneumonia dari citra *x-ray*. Berbeda dengan penelitian oleh Irma Eryanti Putri yang hanya berfokus pada ensemble dari arsitektur CNN, serta penelitian lain yang mengedepankan *channel attention* dan *spasial attention* tanpa mempertimbangkan pendekatan optimasi *hyperparameter* secara menyeluruh, penelitian ini menekankan bagaimana perhatian pada fitur penting dalam citra dapat ditingkatkan sambil mengatasi masalah ketidakseimbangan dataset secara bersamaan. Dengan memanfaatkan strategi augmentasi data dan teknik optimasi, penelitian ini diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan akurasi diagnosis, tetapi juga memastikan interpretabilitas yang lebih baik, memberikan dokter penjelasan yang jelas tentang alasan di balik diagnosis. Pendekatan inovatif ini bertujuan untuk menghasilkan model yang lebih robust dan efisien, serta siap diterapkan di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya medis, mendukung kerja tenaga kesehatan dalam pengambilan keputusan klinis yang kritis.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan, terdapat permasalahan yang dirumuskan untuk penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi *attention mechanism* pada model *Convolutional Neural Network* (CNN) dapat mendeteksi pneumonia pada citra *x-ray* paru-paru?
2. Bagaimana kinerja model CNN yang dilengkapi *attention mechanism* dalam mendeteksi pneumonia pada citra *x-ray*?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan *attention mechanism* pada model CNN untuk mendeteksi pneumonia pada citra *x-ray* paru-paru.
2. Mengevaluasi kinerja dan interpretabilitas model CNN yang dilengkapi dengan *attention mechanism* dalam mengklasifikasi kondisi paru-paru berdasarkan citra *x-ray*.

1.4.2 Manfaat

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini memberikan kontribusi penting pada perkembangan ilmu pengetahuan di bidang *deep learning* dan pengolahan citra medis, khususnya dalam penerapan *attention mechanism* pada model CNN untuk deteksi penyakit. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang bertujuan untuk meningkatkan interpretabilitas dan akurasi model CNN, sehingga membuka peluang pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi deteksi medis berbasis kecerdasan buatan.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini membantu praktisi medis dalam memanfaatkan sistem diagnosis yang mudah diakses dan digunakan, melalui pengembangan antarmuka bot Telegram yang memungkinkan deteksi pneumonia secara otomatis dan *real-time*. Sistem ini juga menyediakan hasil deteksi yang lebih interpretatif, sehingga mempermudah tenaga medis memahami keluaran model dan mengambil keputusan diagnosis yang lebih tepat.

1.5 Batasan Masalah

Berisi batasan-batasan dari lingkup permasalahan yang dikaji.

1. Dataset yang digunakan merupakan data dari Kaggle dan Mendeley Data [14].
2. Citra yang digunakan pada penelitian untuk pneumonia adalah citra paru-paru normal dan citra paru-paru pneumonia berupa citra *chest x-ray* dengan format *Joint Photographic Experts Group (*.jpeg)*.
3. Dataset yang digunakan model deteksi adalah public dataset, dimana dataset tersebut digunakan pada model deteksi dan model verifikasi.
4. Platform yang digunakan adalah platform berbasis web yaitu *Google Colab* sebagai alat bantu deteksi penyakit.
5. Model dikembangkan menggunakan arsitektur CNN (ResNet50) untuk deteksi dan MobileNetV2 untuk verifikasi, dengan integrasi

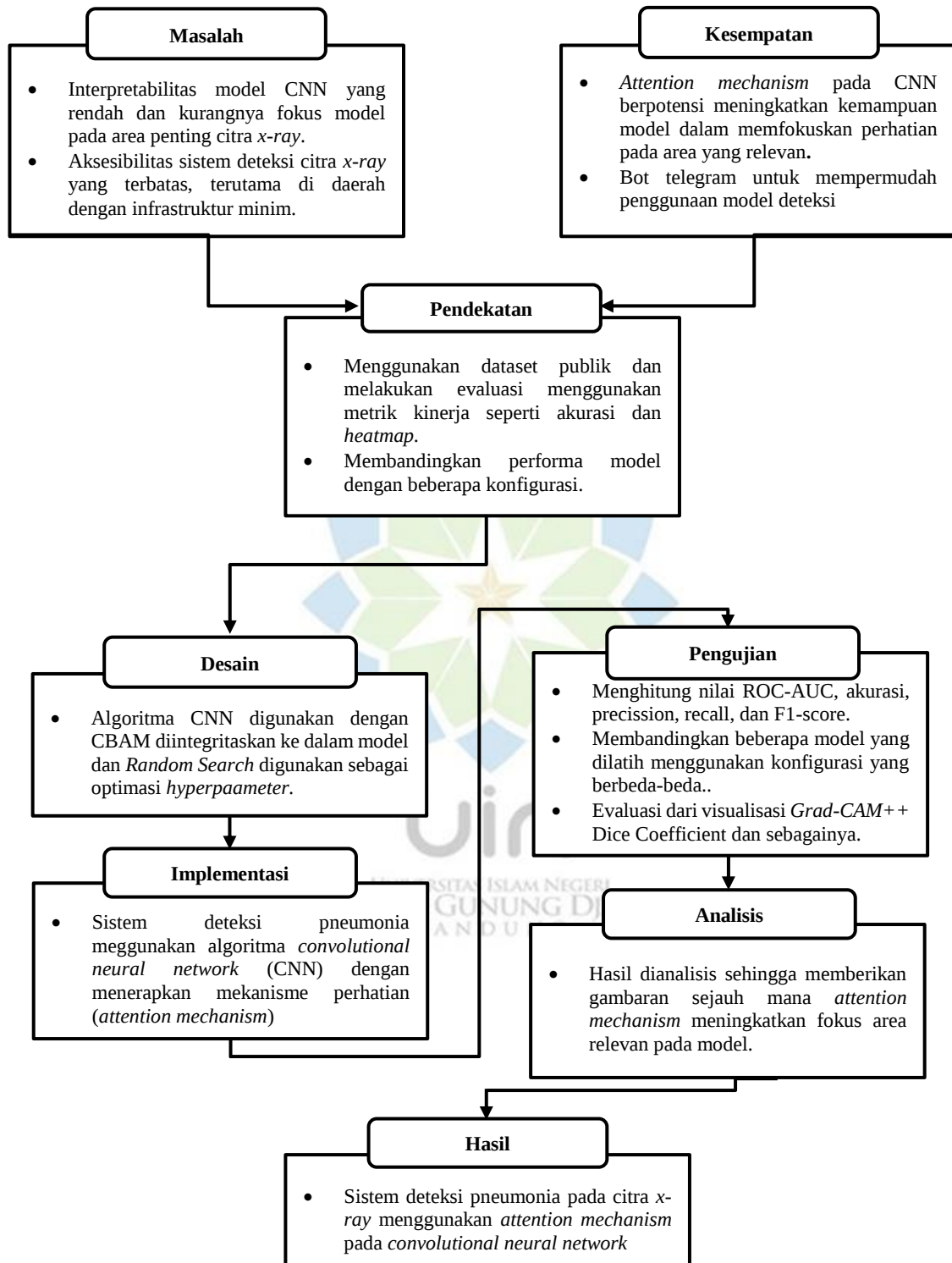
Convolutional Block Attention Module untuk membantu model deteksi fokus pada area yang relevan.

6. Model hanya memfokuskan pada klasifikasi citra pneumonia dan tidak mencakup penyakit paru-paru lainnya.
7. Model diimplementasikan dalam bot Telegram sebagai antarmuka interaktif bagi pengguna, terbatas pada fitur deteksi satu gambar per input.

1.6 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir merupakan alur pemikiran yang menjelaskan secara metodis atas temuan dari rumusan suatu topik penelitian yang diharapkan dapat diselesaikan. Gambar 1.1 adalah *flowchart* kerangka berpikir dari penelitian ini.





Gambar 1.1 Kerangka berfikir.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

BAB I berisi gambaran umum dan dasar-dasar dalam penyusunan skripsi sesuai dengan judul, seperti latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat hasil penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

BAB II berisi kajian kritis yang sistematis tentang aspek atau variable yang diteliti dengan menggunakan teori, konsep, dalil, ataupun peraturan yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB III berisi metodologi penelitian yang di dalamnya membahas tahapan-tahapan yang diambil selama penelitian yang memuat jenis penelitian, sampel atau data, metode pengambilan data, jenis dan sumber data.

BAB IV PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI

BAB IV berisi perancangan sistem deteksi pneumonia menggunakan arsitektur CNN ResNet50 yang dikombinasikan dengan CBAM. Selain itu, MobileNetV2 digunakan untuk memverifikasi bahwa citra yang dimasukkan merupakan *x-ray* paru-paru. Sistem ini diimplementasikan dalam bot Telegram yang dapat menerima gambar dari pengguna, melakukan klasifikasi, dan menampilkan hasil deteksi.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

BAB V berisi pengujian model deteksi dan analisis kinerjanya berdasarkan metrik seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Pengujian juga dilakukan pada bot Telegram untuk mengevaluasi keakuratan deteksi dan efektivitas alur verifikasi citra.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI memuat kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan sistem ke depan, seperti peningkatan akurasi model dan perluasan deteksi ke penyakit paru-paru lainnya.