

SKRIPSI

**PEMBUATAN APLIKASI BERBASIS RESNET-50 UNTUK DETEKSI
PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA X-RAY**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Dewa Putu Satria Ananda Putra

NIM. 2115354079

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERANGKAT LUNAK
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

PEMBUATAN APLIKASI BERBASIS RESNET-50 UNTUK DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA X-RAY

Oleh :

Dewa Putu Satria Ananda Putra
NIM. 2115354079

Skripsi ini telah Melalui Bimbingan dan Pengujian Hasil, disetujui untuk Diujikan pada Ujian
Skripsi

di
Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak
Jurusan Teknologi Informasi - Politeknik Negeri Bali Bukit

Jimbaran, ..19..200.....2025

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:



I Wayan Candra Winetra, S.KOM., M.KOM
NIP. 198005312005011003

Dosen Pembimbing 2:



Yessi Aprilia Waluyo, S.S., M.Hum.
NIP. 198704252024212029

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMBUATAN APLIKASI BERBASIS RESNET-50 UNTUK DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA X-RAY

Oleh :

Dewa Putu Satria Ananda Putra

NIM. 2115354079

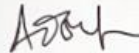
Skripsi ini sudah melalui Ujian Skripsi pada tanggal 8 Juli 2025,
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi
di

Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak
Jurusan Teknologi Informasi - Politeknik Negeri Bali

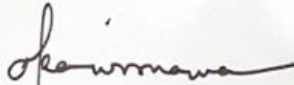
Bukit Jimbaran, 12 Juli 2025

Disetujui Oleh :

Tim Penguji :



1. Ida Bagus Adisimakrisna Peling
NIP. 199111302022031006



2. I Putu Oka Wisnawa
NIP. 199011082022031002

Dosen Pembimbing :



1. Candra Winetra, S.KOM., M.KOM.
NIP. 198005312005011003



2. Yessi Aprilia Waluyo, S.S., M.Hum.
-NIP. 198704252024212029

Diketahui Oleh:

Ketua Jurusan Teknologi Informasi



Prof. Dr. Nyoman Gede Arya Astawa, S.T., M.Kom.

NIP. 196902121995121001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul **PEMBUATAN APLIKASI BERBASIS RESNET-50 UNTUK DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA X-RAY** adalah **asli hasil karya saya sendiri**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, ... 19 Juni ... 2025 ...

Yang Menyatakan



Dewa Putu Satria Ananda Putra

NIM.2115354079

ABSTRAK

Penyakit paru-paru seperti pneumonia dan tuberkulosis masih menjadi salah satu penyebab utama kematian di dunia, termasuk di Indonesia. Deteksi dini menjadi kunci untuk meningkatkan efektivitas penanganan penyakit tersebut. Namun, keterbatasan tenaga medis dan alat diagnostik, terutama di daerah terpencil, masih menjadi kendala. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi deteksi penyakit paru-paru secara otomatis menggunakan teknologi *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis *transfer learning* dengan arsitektur ResNet-50. Sistem dirancang untuk dapat berjalan pada perangkat dengan spesifikasi rendah, seperti laptop umum, sehingga lebih terjangkau dan mudah diakses.

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan library TensorFlow/Keras, serta didukung oleh OpenCV untuk pengolahan citra. Dataset citra *X-ray* diperoleh dari sumber terpercaya seperti *NIH Chest X-ray*, dan diproses melalui tahap *preprocessing* serta *augmentasi* data. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, F1-score, dan AUC-ROC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan penyakit paru-paru dengan akurasi tinggi, yaitu 90% untuk tuberkulosis dan 84% untuk pneumonia.

Aplikasi purwarupa yang dihasilkan memiliki antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, serta memberikan hasil klasifikasi dalam waktu kurang dari 10 detik per gambar. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi CNN dengan *transfer learning* dapat dimanfaatkan secara efektif untuk mendeteksi penyakit paru-paru melalui citra *X-ray*, bahkan pada perangkat dengan keterbatasan komputasi. Hasil ini menjadi fondasi untuk pengembangan lebih lanjut sistem diagnosa berbasis AI yang lebih kompleks dan terintegrasi.

Kata Kunci: CNN, ResNet-50, Deteksi Penyakit Paru-paru, Citra *X-ray*, Transfer Learning, Python.

ABSTRACT

Lung diseases such as pneumonia and tuberculosis remain among the leading causes of death worldwide, including in Indonesia. Early detection is crucial to improve the effectiveness of treatment, yet limited medical personnel and diagnostic tools—especially in remote areas—pose significant challenges. This study aims to develop an automatic lung disease detection application using Convolutional Neural Network (CNN) technology based on transfer learning, utilizing the ResNet-50 architecture. The system is designed to run on low-specification devices, such as standard laptops, making it more accessible and affordable.

The system was developed using Python programming language with TensorFlow/Keras libraries, and OpenCV for image processing. Chest X-ray datasets were obtained from trusted sources such as NIH Chest X-ray and underwent preprocessing and data augmentation. The model's performance was evaluated using metrics including accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC-ROC. The evaluation results show that the model can classify lung diseases with high accuracy: 90% for tuberculosis and 84% for pneumonia.

The resulting prototype application features a simple and user-friendly interface, providing classification results in under 10 seconds per image. This study demonstrates that CNN and transfer learning technologies can be effectively utilized to detect lung diseases from X-ray images, even on devices with limited computing power. These findings lay a foundation for further development of more advanced and integrated AI-based diagnostic systems.

Keywords: CNN, ResNet-50, Lung Disease Detection, X-ray Image, Transfer Learning, Python.

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pembuatan Aplikasi Berbasis CNN untuk Deteksi Penyakit Paru-Paru pada Citra X-Ray” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Bali.

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk mengembangkan sebuah aplikasi yang mampu mendeteksi penyakit paru-paru, seperti pneumonia dan tuberkulosis, secara otomatis melalui citra X-ray dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* berbasis *transfer learning*. Melalui proses ini, penulis mendapatkan banyak pengalaman berharga, baik dalam aspek teknis maupun ilmiah, yang diharapkan dapat menjadi bekal dalam dunia profesional ke depan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh dukungan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. I Wayan Candra Winetra, S.KOM., M.KOM. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
2. Yessi Aprilia Waluyo, S.S., M.Hum. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan dukungan, koreksi, serta saran yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.
3. Keluarga, pasangan, dan teman-teman kampus Politeknik Negeri Bali Jurusan Teknologi Informasi khususnya Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak semester VIII, yang telah memberikan dukungan moral selama penyusunan Skripsi ini.

Demikian kata pengantar ini penulis sampaikan, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi pengalaman yang berharga.

Badung, 20 Juni 2025



Dewa Putu Satria Ananda Putra

NIM. 2115354079

Daftar Isi

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
KATA PENGANTAR	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	5
2.2 Teori Penunjang Yang Digunakan Dalam Penelitian	7
2.2.1 Sistem Pendeteksi Penyakit.....	7
2.2.2 Konsep Sistem Pendeteksi Penyakit	7
2.2.3 Karakteristik Sistem Pendeteksi penyakit	8
2.2.4 Transfer Learning.....	10
2.2.5 Deep Learning	11
2.2.6 Metode <i>Convolutional Neural Network</i>	11
2.2.7 <i>Chest X-ray</i>	12
2.2.8 Paru-Paru.....	12
2.2.9 Python	13
2.2.10 OpenCV	13
2.2.11 Model CNN Arsitektur ResNet-50	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Metode Pengumpulan Data.....	15
3.2 Metode Pengembangan Sistem	16
3.3 Perancangan Sistem	17
3.3.1 Spesifikasi Perangkat	17

3.3.2 Software	18
3.3.3 Teknik Pengambilan Data	18
3.3.4 Pengukuran Kinerja Sistem	19
3.4 Perancangan Sistem	19
3.4.1 <i>Flowchart</i> Sistem	20
3.4.2 Use Case Diagram	22
3.4.3 Jadwal Kegiatan.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Implementasi Sistem	26
4.1.1 Implementasi Alat	26
4.1.2 Implementasi Aplikasi	27
4.1.3 Implementasi Penyimpanan Data	29
4.2 Hasil Pengujian Sistem	30
4.2.1 Pengujian Fungsionalitas.....	30
4.2.2 Pengujian Penyimpanan Data	30
4.2.3 Pengujian Parameter-Parameter yang Diamati.....	30
4.3 Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian	34
4.3.1 Analisis Implementasi Sistem.....	34
4.3.2 Analisis Pengujian Sistem	34
4.3.3 Analisis Perbandingan Hasil terhadap Acuan yang Dipakai di Tinjauan Pustaka	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	40

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Transfer Learning.....	10
Gambar 2.2 Metode <i>Convolutional Neural Network</i>	12
Gambar 3.1 Flowchart Preprocessing.....	20
Gambar 3.2 Flowchart Klasifikasi	21
Gambar 3.3 Use Case Diagram.....	22
Gambar 4.1 Gambar Halaman Utama.....	27
Gambar 4.2 Halaman Pilih Gambar <i>X-ray</i>	28
Gambar 4.3 Halaman Klasifikasi Paru-Paru Normal.....	28
Gambar 4.4 Halaman Klasifikasi Paru-Paru Pneunomia.....	29
Gambar 4.5 Halaman Klasifikasi Paru-Paru Tuberkulosis	29

Daftar Tabel

Tabel 4.1 Tabel Klasifikasi.....	30
Tabel 4.2 Tabel Matrix Evaluation.....	30

Daftar Lampiran

Lampiran 1 Form Bimbingan Skripsi Pembimbing 1	40
Lampiran 2 Form Bimbingan Skripsi Pembimbing 2.....	41
Lampiran 3 Form Telah Menyelesaikan Bimbingan Skripsi	42

BAB I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penyakit paru-paru merupakan salah satu masalah kesehatan global yang signifikan. Berdasarkan data dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), penyakit seperti pneumonia dan tuberkulosis menyumbang angka kematian yang tinggi setiap tahunnya[1]. Di Indonesia, prevalensi penyakit paru-paru juga menjadi salah satu tantangan utama dalam sektor kesehatan. Deteksi dini penyakit paru-paru menjadi sangat penting untuk meningkatkan peluang kesembuhan dan menurunkan angka kematian[2]. Kemajuan dalam teknologi pengolahan citra medis telah membuka peluang untuk analisis yang lebih akurat menggunakan pembelajaran mendalam (*deep learning*). Salah satu pendekatan yang berhasil diterapkan adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*, terutama dengan pemanfaatan teknik *transfer learning*. Transfer learning memungkinkan model untuk memanfaatkan pengetahuan dari dataset besar yang telah dilatih sebelumnya, sehingga meningkatkan efisiensi pelatihan dan akurasi pada dataset medis yang lebih kecil. Dengan demikian, diperlukan sebuah sistem otomatis yang mampu menganalisis citra *x-ray* secara cepat dan akurat.

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang pembelajaran mendalam (*deep learning*), telah memberikan solusi inovatif untuk mendukung analisis citra medis. Salah satu metode yang populer adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*. CNN merupakan arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk memproses data berbentuk gambar, dengan kemampuan mengekstraksi fitur secara otomatis dari data masukan[3]. Dalam konteks citra medis, CNN telah terbukti memberikan performa yang tinggi dalam mendeteksi berbagai penyakit berdasarkan gambar radiologi[4].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan CNN dalam analisis citra *x-ray* dapat mencapai akurasi tinggi dalam mendeteksi penyakit seperti pneumonia dan COVID-19[5]. Penelitian lain menunjukkan bahwa CNN dapat digunakan untuk mendeteksi abnormalitas yang berhubungan dengan COVID-19, membantu dalam diagnosis cepat selama pandemi global [6]. Pendekatan berbasis transfer learning dalam CNN telah memberikan hasil yang menjanjikan, terutama pada analisis citra *X-ray* paru-paru. Transfer learning memungkinkan model untuk memanfaatkan pengetahuan dari dataset besar yang telah dilatih sebelumnya, sehingga mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan akurasi pada dataset

yang lebih kecil[7]. Meskipun demikian, integrasi teknologi ini ke perangkat dengan spesifikasi rendah masih menjadi tantangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan *transfer learning* pada CNN, sehingga memungkinkan deteksi penyakit paru-paru yang akurat pada perangkat dengan keterbatasan komputasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tentang pendeteksian penyakit paru-paru menggunakan citra *x-ray*, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut::

- A. Mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi penyakit paru-paru secara otomatis berdasarkan citra *x-ray* pada perangkat dengan spesifikasi rendah.
- B. Mengevaluasi hasil akurasi pengujian model yang menggunakan metode transfer learning.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai target penelitian, diperlukan batasan-batasan sebagai berikut:

- A. Penelitian ini hanya berfokus pada deteksi penyakit paru-paru seperti pneumonia dan tuberkulosis berdasarkan citra *x-ray*.
- B. Dataset yang digunakan berasal dari sumber terpercaya seperti NIH *Chest X-ray* Dataset.
- C. Sistem yang dirancang menggunakan metode transfer learning pada model CNN dengan arsitektur ResNet (*Residual Network*), mengingat efisiensinya dalam perangkat keras dengan keterbatasan komputasi (spesifikasi rendah)
- D. Analisis dilakukan hanya pada citra *x-ray* dalam format digital.
- E. Pengujian model dilakukan menggunakan evaluasi akurasi dengan metrik seperti akurasi, presisi, recall, F1-score, dan AUC, serta teknik k-fold cross-validation untuk memastikan performa dan generalisasi model.
- F. Sistem ini dirancang untuk digunakan oleh tenaga medis, petugas kesehatan di daerah terpencil, peneliti, serta pendidik atau pelajar yang mempelajari aplikasi teknologi CNN dalam analisis citra medis
- G. Hasil yang diberikan oleh sistem ini merupakan prediksi berbasis AI yang tidak menggantikan diagnosis medis profesional, sehingga diperlukan konsultasi dengan

dokter untuk interpretasi yang akurat, mengingat model dilatih dengan data terbatas dan tidak menjamin akurasi 100%, serta diagnosis yang pasti tetap memerlukan pemeriksaan medis lengkap.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- A. Mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi penyakit paru-paru secara otomatis berdasarkan citra *x-ray* pada perangkat dengan spesifikasi rendah.
- B. Mengevaluasi hasil akurasi pengujian model yang menggunakan metode transfer learning.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Tenaga Medis dan Fasilitas Kesehatan
 - A. Mempermudah proses diagnosis penyakit paru-paru seperti pneumonia dan tuberkulosis dengan teknologi berbasis CNN yang mampu mendeteksi secara otomatis melalui citra *x-ray*.
 - B. Mengurangi risiko kesalahan diagnosis yang disebabkan oleh keterbatasan analisis manual, sehingga meningkatkan kualitas layanan kesehatan.
 - C. Memberikan solusi diagnostik yang efisien, terutama di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya dan perangkat keras.
2. Bagi Akademisi dan Peneliti
 - A. Menjadi referensi dalam pengembangan lebih lanjut di bidang computer vision, khususnya dalam penerapan metode transfer learning untuk sistem deteksi penyakit.
 - B. Memberikan kontribusi pada penelitian di bidang teknologi kesehatan dengan pendekatan deep learning.
3. Bagi Masyarakat Umum
 - A. Memperluas akses terhadap layanan kesehatan dengan diagnosa yang cepat dan akurat, terutama di daerah terpencil atau dengan fasilitas kesehatan terbatas.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun secara sistematis dalam lima bab utama, dengan rincian sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi. Bagian ini memberikan gambaran awal mengenai konteks dan arah penelitian.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat kajian teori yang mendasari penelitian, seperti penelitian terdahulu, sistem pendeteksi penyakit, *transfer learning*, CNN, ResNet-50, serta teknologi dan perangkat lunak yang digunakan. Bab ini memberikan landasan teoritis bagi pengembangan sistem.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan secara menyeluruh mengenai metode yang diterapkan dalam penelitian, mencakup proses pengumpulan data dan langkah-langkah praproses, metode pengembangan sistem dengan pendekatan waterfall, perancangan sistem, hingga pengukuran kinerja sistem menggunakan berbagai metrik evaluasi.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan juga pengujian sistem, termasuk tampilan antarmuka aplikasi, hasil klasifikasi model terhadap citra X-ray, evaluasi performa model, serta analisis hasil berdasarkan tinjauan pustaka.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut di masa depan, seperti integrasi dengan Explainable AI dan implementasi ke platform mobile.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Penelitian ini didasarkan pada studi literatur terkait penerapan *Resnet-50* dan *transfer learning*, khususnya citra *X-ray* dada untuk mendeteksi penyakit paru-paru. Penelitian-penelitian yang relevan dengan kajian ini di antaranya adalah:

Hasan dan rekan-rekannya melakukan penelitian terkait analisis citra *Chest X-ray* untuk mendiagnosis penyakit pneumothorax dengan memanfaatkan metode *Box-Counting*. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengkaji pola fraktal pada citra medis guna mengidentifikasi keberadaan pneumothorax secara lebih presisi. Metode *Box-Counting* berperan dalam mengukur dimensi fraktal pada citra *Chest X-ray*, yang kemudian digunakan sebagai indikator adanya penyakit tersebut. Dalam prosesnya, sejumlah citra *X-ray* diproses melalui tahapan praproses terlebih dahulu guna meningkatkan kualitas gambar sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Box-Counting* efektif dalam mengidentifikasi pola fraktal yang terkait dengan pneumothorax, sehingga dapat menjadi salah satu pendekatan tambahan dalam membantu dokter dalam mendiagnosis penyakit ini secara lebih cepat dan akurat.[8]

Harshvardhan Harshvardhan dan timnya melakukan studi terkait deteksi pneumonia dengan memanfaatkan pendekatan *Convolutional Neural Network (CNN)* pada citra *Chest X-ray*. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang sistem pendeteksi pneumonia yang efisien dan memiliki tingkat akurasi tinggi melalui metode *deep learning*. Dalam implementasinya, CNN digunakan untuk mengenali pola tertentu pada citra X-ray bagian dada guna mengidentifikasi kemungkinan adanya pneumonia. Dataset yang dipakai berisi kumpulan citra X-ray yang telah dilabeli, dan selanjutnya diproses melalui tahap normalisasi serta augmentasi untuk mengoptimalkan kinerja model. Hasil akhir menunjukkan bahwa pendekatan CNN mampu mengidentifikasi pneumonia dengan akurasi yang sangat baik, menjadikannya alat bantu diagnosis yang potensial bagi tenaga medis.[4]

Sulistio dan Lubid mengembangkan aplikasi berbasis *mobile* menggunakan CNN dan MobileNet untuk mendeteksi pneumonia dan COVID-19. Penelitian ini fokus pada efisiensi komputasi agar aplikasi dapat berjalan pada perangkat dengan spesifikasi rendah. Hasil menunjukkan bahwa model yang dioptimalkan kompatibel dengan perangkat keras sederhana tanpa mengurangi akurasi diagnosis.[5]

Wijaya dkk., melakukan Penelitian ini berfokus pada penerapan metode *transfer learning* dalam arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mendiagnosis penyakit COVID-19 dan pneumonia melalui citra X-ray. Studi ini menitikberatkan pada pemanfaatan transfer learning sebagai strategi untuk meningkatkan performa model, terutama ketika bekerja dengan dataset yang terbatas. Berdasarkan hasil yang diperoleh, model yang dikembangkan dengan pendekatan transfer learning mampu mencapai tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam proses deteksi penyakit, menjadikannya pilihan yang tepat untuk lingkungan dengan sumber daya komputasi terbatas [7].

Berbagai studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *Convolutional Neural Network (CNN)* mampu memberikan akurasi tinggi dalam mendeteksi penyakit paru-paru. Meskipun demikian, masih terdapat sejumlah keterbatasan, salah satunya adalah belum optimalnya integrasi model ke dalam sistem klinis, khususnya di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan sumber daya.

Penelitian ini dirancang untuk menjawab berbagai keterbatasan yang ada dengan mengembangkan sistem deteksi penyakit paru-paru yang tidak hanya akurat dan efisien, tetapi juga mudah diimplementasikan secara luas. Melalui optimalisasi model CNN agar kompatibel dengan perangkat berdaya komputasi rendah, sistem ini diharapkan mampu mendukung tenaga medis dalam melakukan diagnosis paru-paru secara lebih cepat dan tepat, sekaligus memperluas jangkauan layanan kesehatan hingga ke wilayah dengan akses terbatas.

Hasil penelitian ini juga dapat menjadi pijakan untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penerapan pada penyakit lain atau integrasi dengan teknologi telemedicine untuk layanan kesehatan jarak jauh.

2.2 Teori Penunjang Yang Digunakan Dalam Penelitian

2.2.1 Sistem Pendeteksi Penyakit

Sistem pendeteksi penyakit merupakan teknologi berbasis komputer yang dirancang untuk membantu tenaga medis dalam mendeteksi dan mendiagnosis penyakit secara lebih cepat, akurat, dan efisien. Sistem ini mengintegrasikan metode analisis data, model pembelajaran mesin, dan perangkat lunak untuk memproses citra medis seperti *X-ray*.

Pendeteksian penyakit melalui citra *X-ray*, seperti pneumonia dan pneumothorax, banyak menggunakan model pembelajaran mendalam (*deep learning*), terutama arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN efektif dalam mengenali pola pada citra medis karena kemampuannya untuk mengekstraksi fitur yang relevan dari data visual secara hierarkis.

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa sistem berbasis CNN dapat meningkatkan akurasi diagnosa medis. Hasan dkk. (2024) melakukan penelitian tentang analisis citra *Chest X-ray* untuk diagnosis pneumothorax menggunakan metode Box-Counting, yang membuktikan bahwa analisis pola fraktal pada citra *X-ray* dapat membantu mendeteksi penyakit dengan lebih akurat [8]. Harshvardhan dkk. (2021) menggunakan CNN untuk mendeteksi pneumonia melalui citra *X-ray* dada, yang menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam identifikasi penyakit tersebut [4]. Sulistio dan Lubis (2023) mengimplementasikan CNN bersama MobileNet untuk mendeteksi pneumonia dan COVID-19 melalui aplikasi smartphone, yang dirancang agar efisien dan kompatibel dengan perangkat mobile [5].

2.2.2 Konsep Sistem Pendeteksi Penyakit

Untuk mendukung dan menghasilkan sistem pendeteksi penyakit yang efektif, terdapat beberapa tahapan proses yang harus dilalui. Proses ini melibatkan analisis data medis hingga implementasi sistem berbasis teknologi. Menurut Harshvardhan dkk., proses pengembangan sistem pendeteksi penyakit melalui citra medis seperti *X-ray* meliputi beberapa tahapan berikut [4]:

a. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dataset citra medis dikumpulkan dari sumber terpercaya, seperti rumah sakit atau institusi medis yang memiliki data *X-ray* yang relevan. Dataset tersebut

biasanya mencakup citra yang telah diberi label kondisi tertentu (normal, pneumonia, atau penyakit lainnya).

b. Tahap Praproses Data

Dataset yang dikumpulkan diproses lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas citra. Teknik praproses seperti normalisasi, augmentasi data, penghilangan noise, dan penyesuaian ukuran gambar dilakukan agar model pembelajaran mesin dapat mengenali fitur penting secara lebih akurat.

c. Tahap Pengembangan Model

Pada tahap ini, model pembelajaran mesin, seperti *Resnet-50*, dikembangkan untuk menganalisis pola pada citra *X-ray*. Model ini dirancang melalui proses pelatihan menggunakan data yang telah dipraproses. Parameter model, seperti jumlah lapisan, filter, dan fungsi aktivasi, disesuaikan untuk mencapai hasil yang optimal.

d. Tahap Evaluasi Model

Setelah model dikembangkan, evaluasi dilakukan menggunakan data uji untuk mengukur performa model. Metrik seperti akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas digunakan untuk memastikan bahwa model dapat memberikan hasil yang dapat diandalkan dalam mendeteksi penyakit.

e. Tahap Implementasi

Model yang telah melalui tahap evaluasi selanjutnya diterapkan ke dalam sistem berbasis perangkat lunak, baik dalam bentuk aplikasi desktop maupun mobile. Sistem ini dikembangkan dengan fokus pada kemudahan akses bagi tenaga medis maupun pengguna umum, serta dilengkapi dengan antarmuka yang user-friendly dan dapat dijalankan di berbagai jenis perangkat..

Melalui tahapan ini, sistem pendeteksi penyakit dapat membantu tenaga medis dalam mendiagnosis kondisi pasien secara lebih cepat, akurat, dan efisien, serta meningkatkan akses layanan kesehatan di daerah dengan sumber daya terbatas.

2.2.3 Karakteristik Sistem Pendeteksi penyakit

Sehubungan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan terkait sistem pendeteksi penyakit, terdapat beberapa karakteristik utama yang membedakan sistem ini. Karakteristik tersebut berperan penting dalam meningkatkan akurasi dan

efisiensi deteksi penyakit melalui citra medis. Berikut adalah beberapa karakteristik sistem pendeteksi penyakit berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa ahli:

1. Dukungan untuk Deteksi Penyakit pada Berbagai Jenis Citra

Berdasarkan penelitian oleh Sulistio dan Lubis, sistem deteksi penyakit berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) dapat diterapkan pada berbagai jenis citra medis, seperti citra *X-ray* dan CT scan, untuk mendeteksi penyakit seperti pneumonia dan COVID-19 dengan akurasi yang tinggi[5].

2. Penggunaan Model Deep Learning untuk Deteksi Akurat

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Harshvardhan dkk., penggunaan CNN dalam mendeteksi pneumonia melalui citra *Chest X-ray* terbukti memberikan hasil yang sangat akurat. Model deep learning ini memungkinkan sistem untuk mengenali pola pada citra dengan detail tinggi, yang penting untuk mendeteksi penyakit paru-paru[4].

3. Integrasi Teknologi dalam Sistem Deteksi Penyakit

Seperti yang dijelaskan dalam penelitian oleh Sulistio dan Lubis, integrasi sistem pendeteksi penyakit ke dalam aplikasi berbasis smartphone menjadikan sistem lebih mudah diakses dan efisien, terutama di daerah yang kurang memiliki fasilitas medis canggih. Sistem yang dioptimalkan untuk perangkat mobile memudahkan tenaga medis dan masyarakat untuk melakukan deteksi secara cepat dan praktis[5].

4. Adaptabilitas dan Kemudahan Penggunaan

Penelitian oleh Maysanjaya menunjukkan bahwa penggunaan teknologi CNN dalam deteksi pneumonia pada citra *X-ray* memiliki kemampuan adaptasi yang cepat terhadap berbagai kondisi klinis. Sistem ini dirancang agar mudah digunakan oleh tenaga medis dengan antarmuka yang user-friendly[6].

5. Akurasi dan Kecepatan dalam Pengambilan Keputusan

Dalam penelitian oleh Sulistio dan Lubis mengenai implementasi CNN dan MobileNet untuk mendeteksi pneumonia dan COVID-19, sistem berbasis AI yang digunakan mampu memberikan hasil diagnosis yang akurat dan cepat, sangat penting untuk pengambilan keputusan medis yang tepat waktu[5].

6. Penggunaan Data yang Beragam

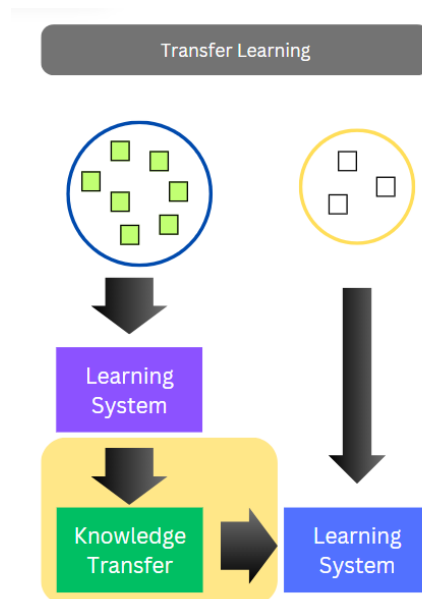
Sistem pendeteksi penyakit yang dikembangkan di Indonesia, seperti yang diulas dalam penelitian oleh Sulistio dan Lubis, menggabungkan berbagai sumber data

seperti citra *X-ray* yang telah diproses dan diberi label untuk memberikan hasil diagnosis yang lebih efektif[5].

2.2.4 Transfer Learning

Transfer adalah metode dalam pembelajaran mesin yang memfasilitasi penggunaan pengetahuan dari proses pelatihan sebelumnya untuk mengoptimalkan hasil pada tugas baru, meskipun dengan jumlah data yang terbatas. Dalam penerapan transfer learning, model yang telah dilatih pada dataset besar dapat digunakan sebagai titik awal untuk menyelesaikan tugas yang serupa namun dengan dataset yang lebih kecil, seperti citra medis. Model pre-trained ini akan dimodifikasi dan disesuaikan (*fine-tuning*) agar sesuai dengan dataset kasus permasalahan yang baru.

Pada deteksi penyakit, transfer learning sangat berguna karena memungkinkan pemanfaatan model yang telah dilatih pada dataset umum (misalnya ImageNet) untuk diterapkan pada dataset citra medis seperti *X-ray* atau CT scan. Hal ini dapat mempercepat proses pelatihan, mengurangi waktu komputasi, dan meningkatkan akurasi deteksi meskipun data yang tersedia terbatas.



Gambar 2. 1 Transfer Learning

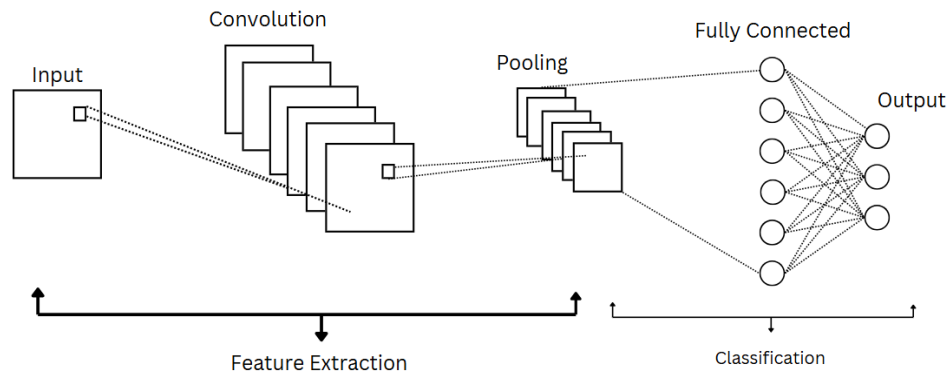
Gambar diatas merupakan proses transfer learning yang dimulai dengan mengambil lapisan-lapisan dari model yang telah dilatih sebelumnya. Lapisan-lapisan ini kemudian dibekukan (*freeze*) untuk mempertahankan pengetahuan yang telah ada. Selanjutnya, lapisan baru ditambahkan di atas lapisan yang telah dibekukan, dan model dilatih kembali menggunakan dataset baru untuk menyempurnakan fitur-fitur yang relevan dengan tugas spesifik. Melalui pendekatan ini, transfer learning memungkinkan model untuk memanfaatkan *knowledge transfer* dan meningkatkan kinerja pada tugas yang lebih spesifik, seperti deteksi penyakit pada citra medis[7].

2.2.5 Deep Learning

Deep Learning (DL) merupakan salah satu pendekatan dalam jaringan saraf (Neural Network/NN) yang menggunakan metode khusus, seperti *Restricted Boltzmann Machine (RBM)*, untuk mempercepat proses pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan—biasanya lebih dari tujuh. Salah satu keunggulan dari metode ini adalah efisiensi dalam waktu pelatihan, karena permasalahan *vanishing gradient* pada proses propagasi balik dapat dikurangi secara signifikan.[9].

2.2.6 Metode *Convolutional Neural Network*

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu algoritma dalam *deep learning* yang dirancang untuk mengolah data dalam bentuk citra. CNN bekerja dengan mempelajari bobot dan bias pada berbagai bagian citra untuk mengenali serta membedakan objek yang berbeda. Arsitektur ini termasuk dalam kategori jaringan saraf tiruan yang dioptimalkan untuk pengolahan gambar, dan umumnya terdiri dari dua komponen utama, yaitu lapisan ekstraksi fitur (*feature extraction*) dan lapisan klasifikasi (*classification layer*).



Gambar 2.2 Metode Convolutional Neural Network

Pada bagian **feature Extraction**, terdapat lapisan yang bertugas menerima input gambar secara langsung dan memprosesnya hingga menghasilkan output data berupa *feature maps*. Proses ini melibatkan **lapisan konvolusi** dan **lapisan pooling**, yang masing-masing berfungsi untuk mengekstraksi fitur dari gambar. Hasilnya kemudian diteruskan ke **lapisan Classification** untuk menentukan hasil akhir[10]

2.2.7 Chest X-ray

Chest X-ray adalah merupakan teknik pencitraan radiografi yang dimanfaatkan untuk mengevaluasi struktur anatomi dalam rongga dada, seperti jantung dan paru-paru, dengan menggunakan radiasi sinar-X. Metode ini kerap digunakan dalam pemeriksaan paru-paru karena prosesnya tergolong cepat, mudah dilakukan, serta lebih ekonomis dibandingkan dengan prosedur seperti MRI atau *CT-Scan*.

Citra paru-paru dikatakan normal apabila tidak ditemukan bercak, memiliki tekstur yang halus, serta bentuk dan ukurannya sesuai dengan anatomi standar. Sebaliknya, jika citra menunjukkan adanya bercak, tekstur kasar, atau perubahan pada ukuran maupun bentuk paru-paru, maka citra tersebut termasuk dalam kategori abnormal. Evaluasi kondisi ini biasanya dilakukan dengan menganalisis intensitas piksel pada citra yang dihasilkan[11].

2.2.8 Paru-Paru

Menurut *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (KBBI), paru-paru adalah organ tubuh yang berbentuk sepasang kantong bulat yang terletak di dalam rongga dada dan berfungsi

sebagai alat utama dalam sistem pernapasan[12]. Paru-paru sering menjadi subjek pemeriksaan medis karena berbagai masalah yang dapat mengganggu fungsinya, seperti infeksi, tumor, atau gangguan pernapasan lainnya.

Salah satu metode yang paling umum dan efisien untuk mendeteksi kondisi paru-paru adalah menggunakan citra *X-ray*. Citra ini menawarkan solusi yang lebih cepat dan terjangkau dibandingkan metode lain seperti MRI atau CT-Scan. Untuk menganalisis citra *X-ray*, penggunaan teknologi berbasis pembelajaran mesin, seperti *Convolutional Neural Network* (CNN), menjadi semakin populer karena kemampuannya dalam mengenali pola dan mendeteksi penyakit dengan akurasi tinggi[6].

2.2.9 Python

Python adalah bahasa pemrograman berbasis objek yang fleksibel dan dinamis, dirancang untuk mendukung berbagai kebutuhan pengembangan perangkat lunak. Dengan kapabilitas integrasi tinggi terhadap berbagai bahasa pemrograman lain dan alat bantu, Python menawarkan pustaka standar yang luas serta mudah diperluas. Bahasa ini dikenal karena kemampuannya mempermudah proses pembelajaran, bahkan bagi pengguna baru, hanya dalam waktu singkat. Filosofi desain Python menitikberatkan pada keterbacaan kode, memberikan sintaksis yang bersih, serta pustaka bawaan yang besar dan serbaguna untuk berbagai keperluan pengembangan aplikasi[13].

2.2.10 OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) adalah pustaka *open-source* yang dikembangkan oleh Intel untuk menyederhanakan pemrograman yang berkaitan dengan pengolahan citra digital (Fitrah, 2020). OpenCV memiliki beragam fitur unggulan, seperti pengenalan wajah, pelacakan wajah, deteksi wajah, Kalman filtering, serta berbagai metode kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*). Selain itu, OpenCV juga menyediakan berbagai algoritma sederhana untuk kebutuhan visi komputer tingkat rendah (*low-level*).

Awalnya, OpenCV dirancang untuk bahasa pemrograman C/C++, namun kini telah dikembangkan untuk mendukung Python, Java, dan MATLAB. OpenCV pertama kali diluncurkan secara resmi pada tahun 1999 oleh Intel Research sebagai bagian dari proyek aplikasi berbasis CPU intensif, seperti real-time ray tracing dan dinding visualisasi 3D. Para kontributor utama proyek ini termasuk para ahli di bidang optimasi di Intel Rusia dan tim pustaka performa Intel[14].

2.2.11 Model CNN Arsitektur ResNet-50

ResNet (Residual Network) adalah salah satu arsitektur yang dikembangkan dengan tujuan untuk mengatasi masalah dalam vanishing gradient dalam pelatihan jaringan yang dalam. Salah satu varian populernya adalah *ResNet-50*, yang terdiri dari 50 lapisan dengan struktur residual untuk mempercepat konvergensi pelatihan.

ResNet-50 menggunakan gambar dengan ukuran input 224 x 224 piksel dalam format RGB (3 kanal warna). Arsitektur ini dilatih menggunakan optimizer Adam, batch size 54, dan sebanyak 50 epoch. Pada fase awal pelatihan, akurasi model biasanya berada di angka 86% dan meningkat seiring bertambahnya jumlah epoch, menunjukkan bahwa model mampu mengoptimalkan kemampuan klasifikasinya.

Peningkatan akurasi pada data validasi menunjukkan bahwa model tidak hanya bekerja baik pada data pelatihan, tetapi juga mampu mengenali pola baru dari data validasi. Hal ini penting dalam memastikan model memiliki kemampuan generalisasi yang baik, khususnya untuk klasifikasi citra *X-ray*.

Selain akurasi, penurunan nilai loss pada data pelatihan dan validasi juga menjadi indikator positif. Pada tahap awal pelatihan, loss berada di kisaran 31% dan menurun seiring waktu, mencerminkan kemampuan model untuk mempelajari pola dengan lebih baik dan menurunkan tingkat kesalahan klasifikasi.

Dalam kasus deteksi penyakit paru-paru menggunakan ResNet-50, diharapkan model mampu mencapai akurasi tinggi dengan loss yang rendah, sebagaimana telah ditunjukkan dalam penelitian serupa yang menggunakan ResNet-50 untuk klasifikasi gambar medis seperti kanker kulit, dengan akurasi mencapai 94,88% dan loss sebesar 13,24%.[16]

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Bagian ini menjelaskan secara rinci bagaimana penelitian dilakukan bukan hanya menampilkan definisi dari tiap poin metode penelitian. Dalam metode pengumpulan data yang dilakukan peneliti sebagai berikut:

a. Pengumpulan Dataset Citra *X-ray*

Dataset citra *X-ray* diperoleh dari sumber terbuka yang kredibel, seperti basis data *Chest X-ray Images* (Pneumonia) dari NIH *Chest X-rays*. Dataset ini mencakup gambar *X-ray* dari pasien dengan berbagai kondisi, termasuk penyakit paru-paru seperti pneumonia, tuberkulosis, dan kondisi normal.

b. Preprocessing Dataset

Tahap preprocessing dataset merupakan langkah penting dalam mempersiapkan data sebelum digunakan untuk pelatihan model *Convolutional Neural Network* (CNN). Proses ini bertujuan untuk memastikan data dalam kondisi optimal sehingga model dapat mempelajarinya dengan baik. Berikut adalah rincian proses preprocessing yang dilakukan

c. Penyesuaian Ukuran Gambar

Gambar *X-ray* yang diperoleh dari dataset memiliki dimensi yang beragam. Oleh karena itu, dilakukan penyesuaian ukuran gambar (resizing) agar sesuai dengan dimensi input yang dibutuhkan oleh arsitektur model CNN. Misalnya, gambar diubah menjadi ukuran standar seperti 224x224 piksel. Hal ini bertujuan untuk menyamakan ukuran input dan memastikan konsistensi selama proses pelatihan.

d. Normalisasi Data

Nilai piksel pada gambar *X-ray* biasanya berada dalam rentang 0 hingga 255. Untuk meningkatkan efisiensi pelatihan model, nilai piksel di-normalisasi menjadi rentang 0 hingga 1 dengan membagi setiap nilai piksel dengan 255. Proses ini membantu mempercepat konvergensi selama pelatihan dan mencegah masalah numerik pada algoritma pembelajaran.

e. Augmentasi Data

Augmentasi data dilakukan untuk memperbesar jumlah data pelatihan secara virtual tanpa perlu menambah dataset baru. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi:

1. Rotasi: Memutar gambar dengan sudut tertentu untuk meningkatkan keragaman sudut pandang.
2. Flipping: Membalik gambar secara horizontal atau vertikal untuk menambahkan variasi.
3. Scaling: Mengubah ukuran gambar secara proporsional untuk mensimulasikan data dengan skala berbeda.

3.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan untuk membangun model *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis transfer learning yang dapat diimplementasikan pada perangkat dengan spesifikasi rendah. Pada penelitian ini, metode pengembangan menggunakan pendekatan *waterfall* yang terstruktur dan berurutan. Model ini dipilih karena memungkinkan setiap tahap diselesaikan dengan baik sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam metode *waterfall*:

a. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan untuk menentukan komponen dan fitur utama yang diperlukan oleh sistem. Analisis mencakup:

1. Jenis data yang dibutuhkan, yaitu gambar *X-ray* paru-paru dari dataset tertentu.
2. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung pelatihan dan implementasi model CNN.
3. Identifikasi kebutuhan transfer learning untuk meningkatkan efisiensi proses pelatihan.

b. Tahap Perancangan

Tahap ini mencakup pembuatan desain sistem yang akan diterapkan. Perancangan mencakup:

1. Arsitektur model CNN dengan menggunakan metode transfer learning.
2. Diagram alur proses data, termasuk tahapan preprocessing, pelatihan, pengujian, dan implementasi.
3. Pemilihan library atau framework pendukung, seperti TensorFlow atau PyTorch, untuk membangun dan melatih model.

c. Tahap Pengkodean

Model yang telah selesai dikembangkan akan diuji untuk memverifikasi kesesuaian fungsinya dengan kebutuhan sistem. Pengujian mencakup:

1. Mengimplementasikan preprocessing dataset, termasuk normalisasi dan augmentasi.
2. Menggunakan model transfer learning (seperti ResNet, VGG, atau Inception) untuk membangun model CNN.
3. Melakukan pelatihan model dengan dataset *X-ray* yang telah diproses.

d. Tahap Pengujian

Pada tahap ini, model yang telah dikembangkan diuji untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan. Pengujian meliputi:

1. Evaluasi performa model dengan metrik seperti akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *confusion matrix*.
2. Pengujian efisiensi sistem pada perangkat dengan spesifikasi rendah untuk memastikan kompatibilitas dan kinerja.

e. Tahap Pemeliharaan

Setelah model berhasil diimplementasikan, tahap pemeliharaan melibatkan evaluasi berkelanjutan dan pembaruan model jika ditemukan kesalahan atau jika diperlukan penyesuaian untuk dataset baru. Tahapan ini bertujuan untuk menjaga sistem tetap relevan dan optimal. Dengan metode ini, pengembangan sistem dilakukan secara terstruktur dan sistematis untuk menghasilkan model yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

3.3 Perancangan Sistem

3.3.1 Spesifikasi Perangkat

Berikut merupakan spesifikasi perangkat yang digunakan dalam proses implementasi sistem deteksi penyakit paru-paru ini:

- A. Laptop : ASUS TUF Gaming F15 FX506LH_FX506LH
- B. CPU : 10th Gen Intel® Core™ i5-10300H
- C. Ram : 16GB
- D. Storage : 1TB

3.3.2 Software

Adapun software yang digunakan dalam proses implementasi sistem deteksi penyakit paru-paru ini, yaitu:

- A. Jupyter Notebook: Untuk pengembangan dan eksekusi model deep learning.
- B. Python (Versi 3.9): Bahasa pemrograman utama.
- C. TensorFlow/Keras: Framework deep learning untuk membangun model CNN.
- D. OpenCV: Untuk pengolahan gambar *X-ray*.
- E. NumPy dan Pandas: Untuk manipulasi data.
- F. Matplotlib dan Seaborn: Untuk visualisasi data dan hasil.
- G. Sistem Operasi Windows 10.

3.3.3 Teknik Pengambilan Data

Adapun beberapa teknik pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Pengumpulan Dataset

Dataset berupa gambar *X-ray* paru-paru yang diambil dari dataset publik seperti *Chest X-ray Images (Pneumonia)* atau dataset lainnya yang relevan dengan penyakit paru-paru. Dataset ini dipilih karena memiliki anotasi lengkap tentang kondisi kesehatan paru-paru.

2. Preprocessing Data

Dataset akan melalui proses preprocessing seperti resize gambar, normalisasi pixel, dan augmentasi untuk meningkatkan kinerja model.

3. Observasi

Observasi dilakukan untuk memahami fitur-fitur penting pada gambar *X-ray* paru-paru yang relevan dalam diagnosis penyakit. Hal ini mencakup konsultasi dengan ahli radiologi untuk menentukan pola-pola pada *X-ray* yang menunjukkan kondisi abnormal.

3.3.4 Pengukuran Kinerja Sistem

Kinerja sistem deteksi penyakit paru-paru akan diukur menggunakan metrik evaluasi berikut:

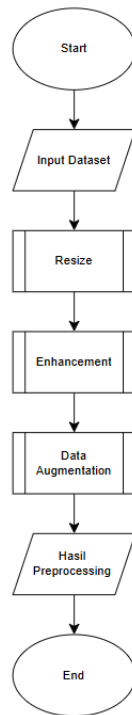
- A. Akurasi (Accuracy): Untuk mengukur seberapa baik model mengenali kondisi paru-paru.
- B. Presisi (Precision): Untuk mengukur seberapa akurat prediksi positif.
- C. Recall (Sensitivitas): Untuk mengukur kemampuan model mendeteksi kasus penyakit.
- D. F1-Score: Kombinasi presisi dan recall untuk evaluasi menyeluruh.
- E. Confusion Matrix: Untuk melihat distribusi hasil prediksi model.

Dengan spesifikasi perangkat keras dan lunak ini, sistem diharapkan mampu mengimplementasikan deteksi penyakit paru-paru secara efektif.

3.4 Perancangan Sistem

Dari hasil analisis kebutuhan, langkah selanjutnya adalah perancangan sistem yang bertujuan untuk menggambarkan alur dan struktur sistem yang akan dibangun. Pada penelitian ini, perancangan sistem dilakukan untuk mengimplementasikan model CNN berbasis transfer learning. Perancangan ini melibatkan beberapa komponen, yaitu flowchart, diagram use case, dan struktur dataset.

3.4.1 Flowchart Sistem

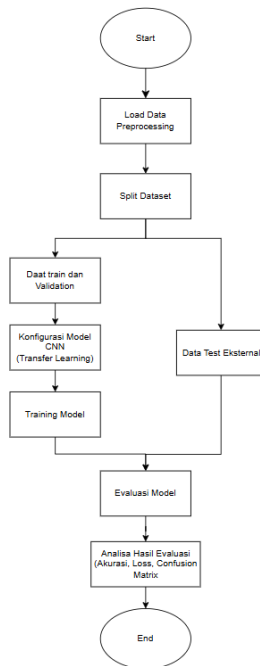


Gambar 3.1 Flowchart Preprocessing

Gambar di atas merupakan flowchart yang menggambarkan alur proses preprocessing dataset dalam sistem pendeteksi penyakit paru-paru menggunakan citra *X-ray*. Proses ini dimulai dengan Input Dataset, yaitu memasukkan data gambar *X-ray* ke dalam sistem. Selanjutnya, dilakukan tahap Resize, di mana ukuran gambar disesuaikan agar kompatibel dengan arsitektur model CNN yang akan digunakan.

Setelah proses resize, gambar akan melalui tahap Enhancement, yaitu perbaikan kualitas gambar, seperti mengurangi noise atau meningkatkan kontras untuk memudahkan model dalam mengenali pola. Kemudian, sistem melakukan Data Augmentation, yaitu memperbanyak variasi data melalui teknik seperti rotasi, flipping, atau scaling, yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model.

Tahap akhir adalah menghasilkan Hasil Preprocessing, yaitu dataset yang telah diproses dan siap untuk digunakan dalam tahap pelatihan dan pengujian model. Dengan adanya proses preprocessing ini, kualitas data dapat ditingkatkan sehingga mendukung kinerja model dalam mendeteksi penyakit paru-paru.



Gambar 3.2 Flowchart Klasifikasi

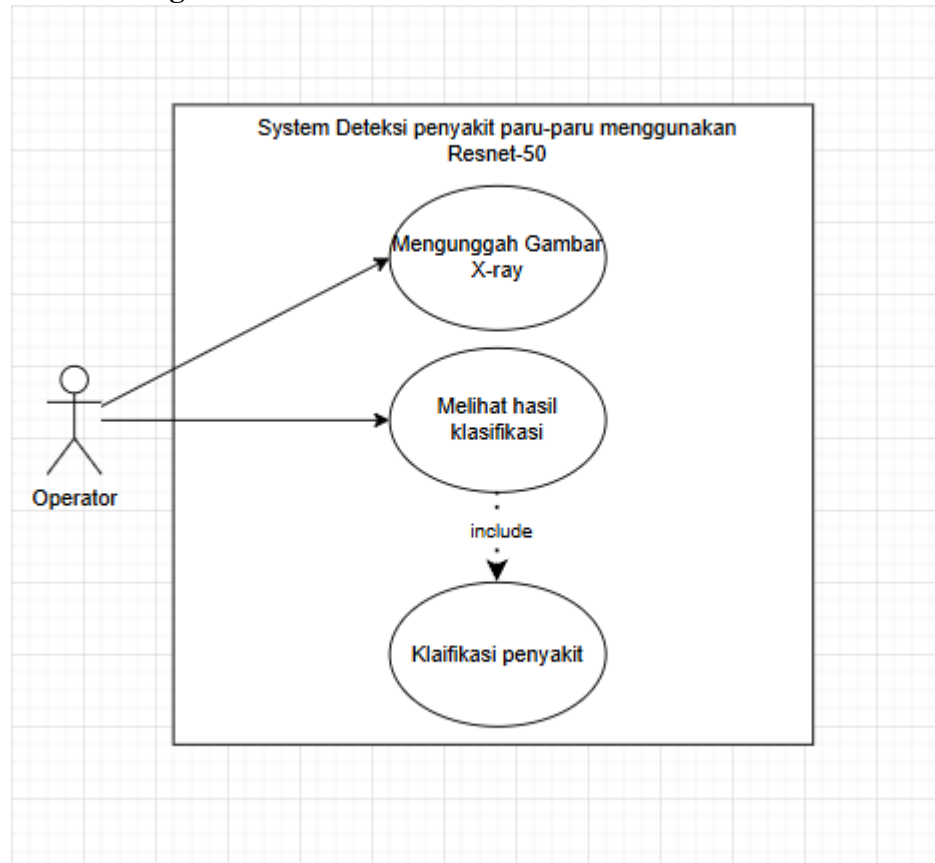
Gambar di atas merupakan flowchart yang menjelaskan alur proses klasifikasi dalam sistem pendeteksi penyakit paru-paru menggunakan citra *X-ray*. Proses dimulai dengan Load Data Preprocessing, di mana dataset yang telah melalui tahap preprocessing dimuat ke dalam sistem. Selanjutnya, dataset tersebut dibagi pada tahap Split Dataset menjadi dua bagian, yaitu Data Train dan Validation untuk melatih model, serta Data Test Eksternal untuk menguji performa model.

Pada jalur Data Train dan Validation, sistem melakukan Konfigurasi Model CNN dengan Transfer Learning untuk membangun arsitektur model yang mampu mengenali pola-pola penting dari dataset. Setelah konfigurasi selesai, dilakukan tahap Training Model, yaitu pelatihan model dengan data training dan validasi.

Tahap berikutnya adalah Evaluasi Model, di mana performa model diukur berdasarkan metrik tertentu, seperti akurasi, presisi, dan recall. Selanjutnya, dilakukan Analisa Hasil Evaluasi, yang bertujuan untuk menilai apakah model sudah memenuhi kebutuhan klasifikasi. Setelah proses ini selesai, sistem menghasilkan output berupa hasil klasifikasi untuk mendeteksi penyakit paru-paru.

Flowchart ini menggambarkan seluruh proses klasifikasi secara terstruktur dan sistematis untuk memastikan sistem mampu memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan.

3.4.2 Use Case Diagram



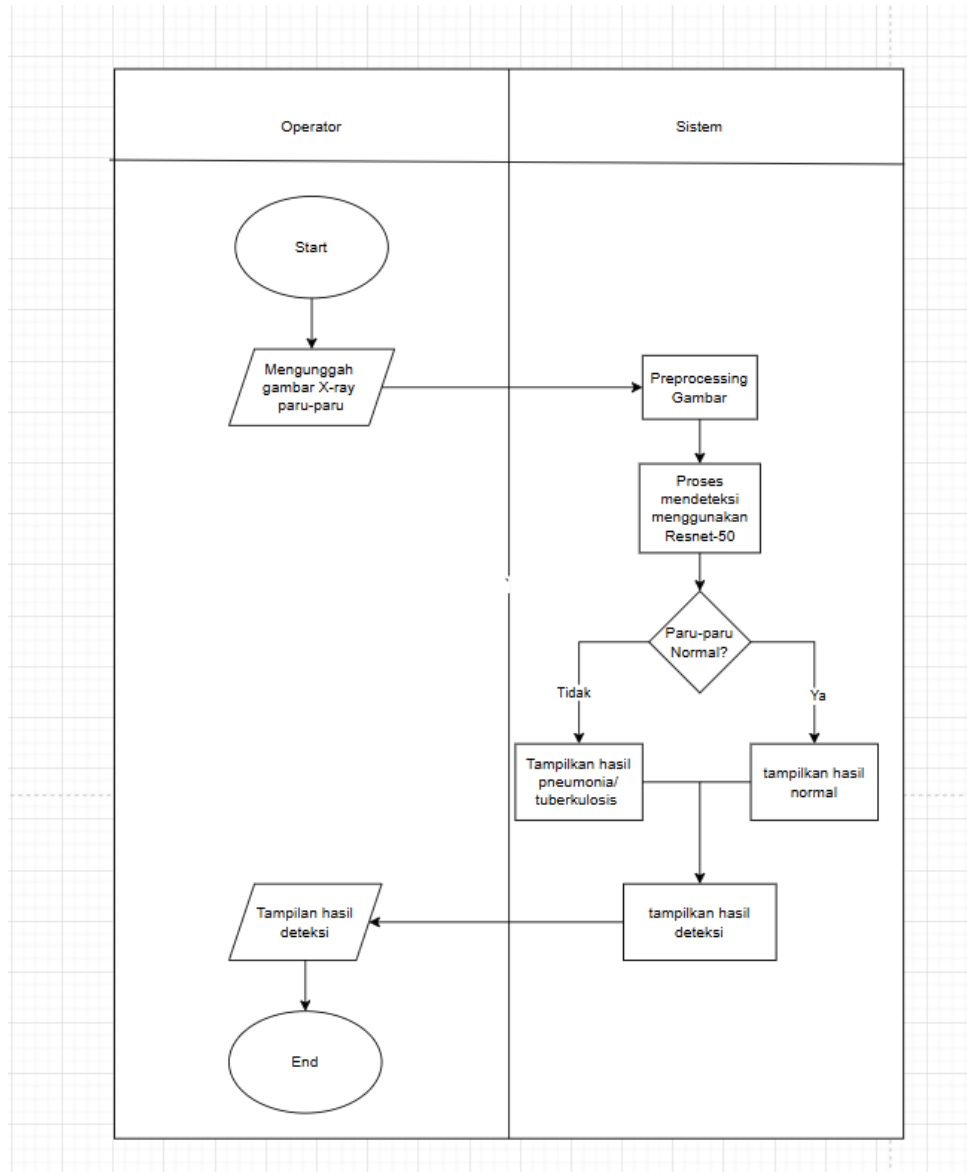
Gambar 3.3 Use Case Diagram

Berikut adalah penjelasan dari *use case* diagram diatas:

- A. Operator, merupakan aktor yang menggunakan sistem untuk melakukan analisis gambar *X-ray*.
- B. Mengunggah Gambar *X-ray*, adalah proses di mana operator mengunggah gambar *X-ray* yang akan dianalisis oleh sistem CNN
- C. Melihat Hasil Klasifikasi, adalah langkah di mana operator dapat melihat hasil prediksi yang dihasilkan oleh sistem berdasarkan gambar *X-ray* yang telah diunggah.

D. Klasifikasi Penyakit, merupakan proses yang dilakukan oleh sistem CNN untuk menganalisis gambar *X-ray* dan memberikan hasil berupa klasifikasi penyakit paru-paru, seperti pneumonia atau tuberkulosis.

3.4.3 Activity Diagram



Gambar 3. 4 Activity Diagram

Berikut adalah penjelasan dari *Activity* diagram diatas:

1. Operator:
 - a. Start:

Operator memulai proses dengan membuka aplikasi sistem deteksi penyakit paru-paru.

b. Mengunggah Gambar X-ray Paru-paru:

Operator memilih dan mengunggah gambar X-ray paru-paru pasien dari perangkat lokal ke dalam sistem.

c. Tampilan Hasil Deteksi:

Setelah sistem menyelesaikan proses deteksi, operator dapat melihat hasil deteksi berupa klasifikasi kondisi paru-paru (normal, pneumonia, atau tuberkulosis).

d. End:

Proses selesai setelah hasil ditampilkan.

2. Sistem

a. Preprocessing Gambar:

Setelah gambar X-ray diunggah oleh operator, sistem melakukan preprocessing gambar seperti mengubah ukuran, normalisasi, dan peningkatan kualitas gambar agar sesuai dengan format input model.

b. Proses Mendeteksi Menggunakan ResNet-50:

Sistem menjalankan model deep learning (ResNet-50) untuk mengklasifikasikan kondisi paru-paru berdasarkan citra X-ray.

c. Paru-paru Normal?

Sistem melakukan pengecekan hasil klasifikasi dari model.

- Jika hasilnya Normal, maka sistem menampilkan informasi bahwa kondisi paru-paru pasien tidak bermasalah.
- Jika hasilnya Tidak Normal, sistem lanjut menampilkan hasil klasifikasi lebih lanjut

d. Tampilkan Hasil Pneumonia/Tuberkulosis:

Jika hasil deteksi menunjukkan adanya penyakit, sistem menampilkan apakah pasien terkena pneumonia atau tuberkulosis.

e. Tampilkan Hasil Deteksi:

Sistem menampilkan hasil akhir dari klasifikasi yang telah dilakukan, baik itu normal, pneumonia, atau tuberkulosis.

3.4.4 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Desember-24				Januari-25				Februari-25				Maret-25				April-25				Mei-25				Juni-25			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pembuatan Proposal																												
2	Observasi dan Mencari Dataset																												
3	Analisa Sistem																												
4	Perancangan Sistem																												
5	Implementasi Sistem																												
6	Pengujian Sistem																												
7	Maintenance Sistem																												

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi Sistem

4.1.1 Implementasi Alat

Implementasi sistem dilakukan menggunakan perangkat keras dan lunak yang telah ditentukan pada tahap perancangan. Seluruh proses, mulai dari *preprocessing* data, pelatihan model, hingga pengujian, dijalankan pada satu perangkat dengan spesifikasi sebagai berikut:

a. Perangkat Keras:

- Laptop: ASUS TUF Gaming F15 FX506LH
- CPU: 10th Gen Intel® Core™ i5-10300H
- RAM: 16GB
- Penyimpanan: 1TB SSD

b. Perangkat Lunak:

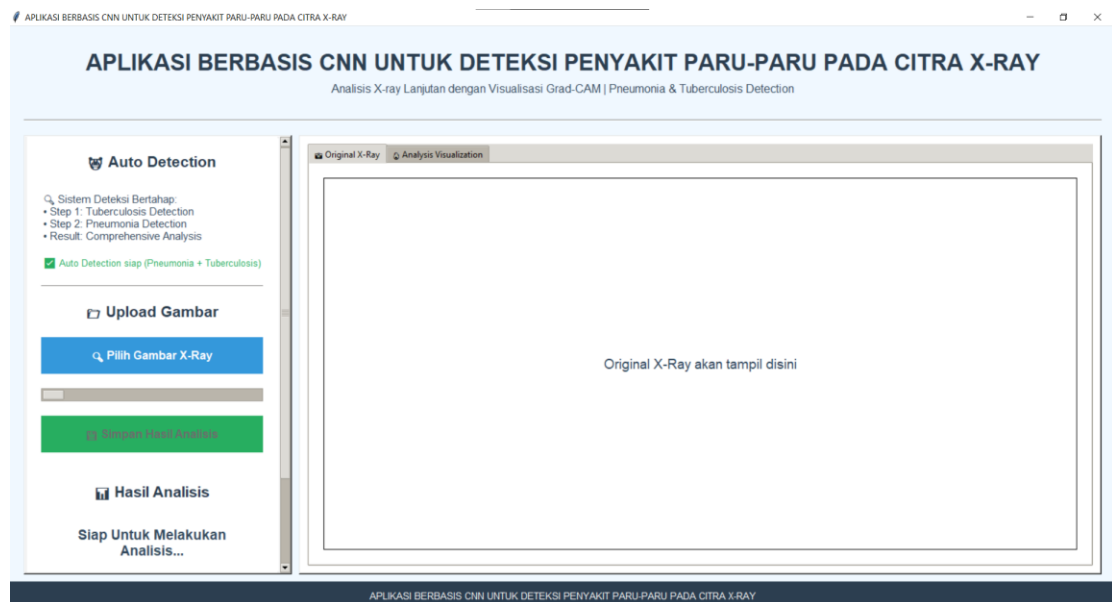
- Sistem Operasi: Windows 10
- Lingkungan Pengembangan: Jupyter Notebook
- Bahasa Pemrograman: Python 3.9
- *Framework* dan Pustaka:
 - TensorFlow & Keras: Untuk membangun dan melatih model CNN dengan arsitektur ResNet-50.
 - OpenCV: Untuk pemrosesan citra seperti *resize* dan *enhancement*.
 - NumPy & Pandas: Berfungsi sebagai alat bantu untuk pengolahan data dan perhitungan numerik.
 - Matplotlib & Seaborn: Berperan dalam pembuatan grafik dan visualisasi hasil analisis model.

Spesifikasi tersebut terbukti memadai untuk menangani komputasi yang diperlukan dalam melatih model *deep learning* dengan teknik *transfer learning* tanpa kendala performa yang berarti.

4.1.2 Implementasi Aplikasi

Aplikasi didesain dengan antarmuka pengguna yang sederhana dan intuitif agar mudah dioperasikan. Alur kerja aplikasi sesuai dengan *use case diagram* yang telah dirancang.

1. Halaman Utama

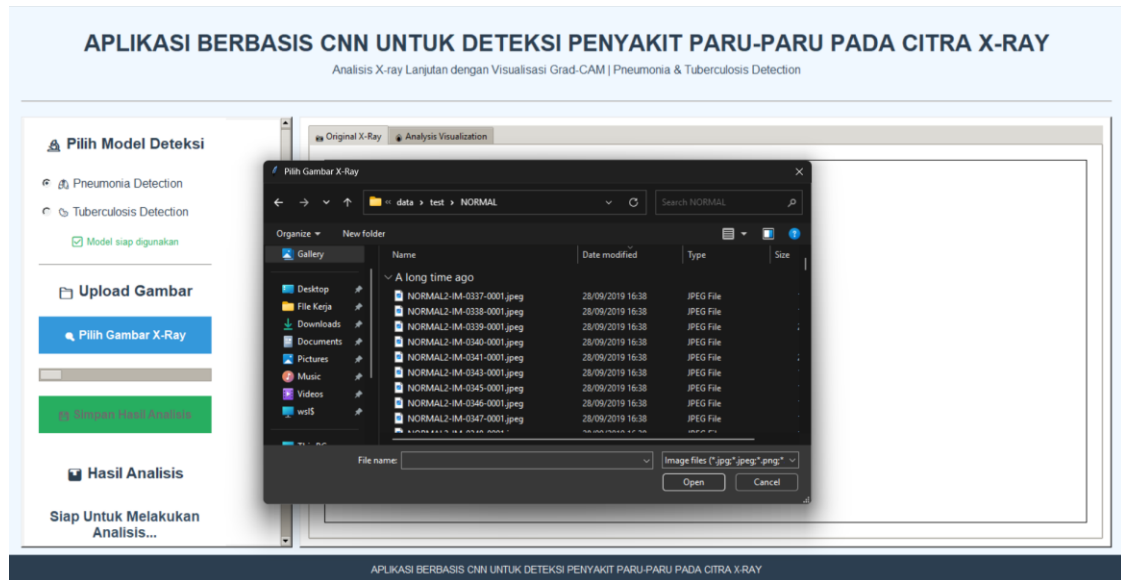


Gambar 4.1 Gambar Halaman Utama

Saat aplikasi dijalankan, operator akan disambut dengan halaman utama yang berisi judul sistem dan tombol untuk memulai proses deteksi.

2. Mengunggah Gambar *X-ray*

Operator menekan tombol "Mulai Deteksi", kemudian sistem akan menampilkan dialog untuk memilih dan mengunggah citra *X-ray* yang akan dianalisis.



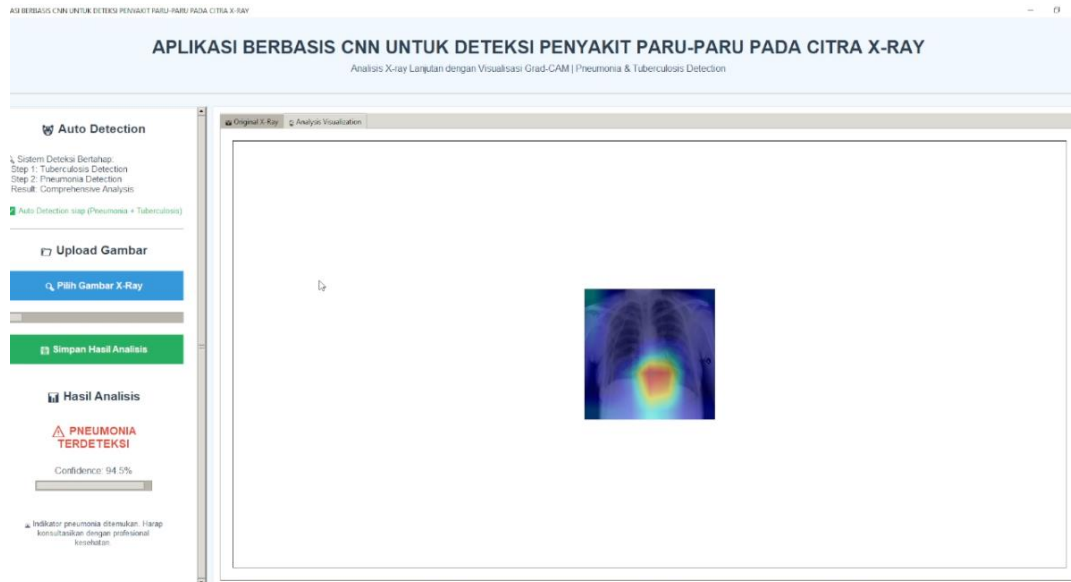
Gambar 4.2 Halaman Pilih Gambar X-Ray

3. Proses Klasifikasi

Setelah gambar diunggah, sistem secara otomatis melakukan *preprocessing* dan memasukkannya ke dalam model CNN yang telah dilatih untuk proses klasifikasi. Proses ini berlangsung cepat, dengan waktu inferensi rata-rata di bawah sepuluh detik.



Gambar 4.3 Halaman Klasifikasi Paru-Paru Normal



Gambar 4.4 Halaman Klasifikasi Paru-Paru Pneumonia



Gambar 4.5 Halaman Klasifikasi Paru-Paru Tuberkulosis

4.1.3 Implementasi Penyimpanan Data

Untuk tujuan dokumentasi dan arsip, sistem akan memberi pilihan menyimpan salinan dari setiap citra *X-ray* yang dianalisis. Setelah proses klasifikasi, gambar asli yang diunggah bisa disimpan di direktori lokal. Implementasi ini memungkinkan operator untuk memiliki catatan visual dari kasus-kasus yang telah dianalisis tanpa memerlukan sistem basis data yang kompleks, sesuai dengan tujuan penelitian untuk menciptakan sistem yang efisien.

4.2 Hasil Pengujian Sistem

4.2.1 Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan mengikuti alur kerja operator. Hasilnya menunjukkan semua fungsi berjalan sesuai harapan:

- Operator berhasil mengunggah citra *X-ray*.
- Sistem berhasil memproses dan menampilkan hasil klasifikasi.
- Tombol dan elemen antarmuka lainnya berfungsi dengan baik.

4.2.2 Pengujian Penyimpanan Data

Pengujian pada fitur penyimpanan data dilakukan dengan menganalisis 10 citra *X-ray* yang berbeda. Setelah setiap proses klasifikasi selesai, dilakukan verifikasi pada direktori file yang disimpan di direktori lokal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 10 file citra baru berhasil disimpan dalam direktori tersebut. Pengujian ini memastikan bahwa fungsionalitas penyimpanan gambar otomatis berjalan sesuai dengan yang dirancang.

4.2.3 Pengujian Parameter-Parameter yang Diamati

Pengujian performa model dilakukan menggunakan dataset uji yang terdiri dari 300 citra *X-ray* yang belum pernah dilihat oleh model sebelumnya (100 Normal, 100 Pneumonia, 100 Tuberkulosis). Hasil evaluasi performa model ResNet-50 pada data uji disajikan dalam bentuk *confusion matrix* dan *Evaluation Matrix*.

Tabel 4.1 Tabel Klasifikasi

Klasifikasi	Prediksi Normal	Prediksi Pneumonia	Prediksi Tuberkulosis
Pneumonia	74%	94%	0
Tuberkulosis	86%	0	94%

Tabel 4.2 Tabel Matrix Evaluation

Klasifikasi	Akurasi	Precision	Recall	F1 Score	AUC-ROC	Specificity
Tuberkulosis	90%	87%	94%	90.4%	97.7%	86%
Pneumonia	84%	78.3%	94%	85.5%	94.1%	74%

Berikut adalah perhitungan untuk setiap matrix evaluasi berdasarkan data yang diperoleh:

Klasifikasi Tuberculosis mendapatkan nilai TP (True Positive) 94, TN (True Negative) 86, FP (False Positive) 14, dan FN (False Positive) 6. Sedangkan Klasifikasi Pneunomia mendapatkan nilai TP (True Positive) 94, TN (True Negative) 74, FP (False Positive) 26, FN (False Negative) 6.

Berdasarkan nilai tersebut, berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan matrix evaluation:

1. Akurasi

Digunakan untuk mengukur performa model secara keseluruhan. Metrik ini menghitung rasio prediksi yang benar (baik positif maupun negatif) terhadap total keseluruhan data. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan rumus:

$$\frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)}$$

a. Klasifikasi Tuberculosis

$$\frac{(94 + 86)}{(94 + 86 + 14 + 6)} = \frac{180}{200} = 0.900$$

b. Klasifikasi Pneunomia

$$\frac{(94 + 74)}{(94 + 74 + 26 + 6)} = \frac{168}{200} = 0.840$$

2. Precision

Digunakan untuk mengukur tingkat presisi pada prediksi positif. Dari semua kasus yang diprediksi sebagai penyakit, berapa persen yang ternyata benar-benar berpenyakit.

Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan rumus:

$$\frac{TP}{(TP + FP)}$$

a. Klasifikasi Tuberculosis

$$\frac{94}{(94 + 14)} = \frac{94}{108} = 0.870$$

b. Klasifikasi Pneunomia

$$\frac{94}{(94 + 26)} = \frac{94}{120} = 0.783$$

3. Recall

Digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam menemukan semua kasus positif. Dari semua kasus yang sebenarnya berpenyakit, berapa persen yang berhasil ditemukan oleh model. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan rumus:

$$\frac{TP}{(TP + FN)}$$

a. Klasifikasi Tuberculosis

$$\frac{94}{(94 + 6)} = \frac{94}{100} = 0.940$$

b. Klasifikasi Pneunomia

$$\frac{94}{(94 + 6)} = \frac{94}{100} = 0.940$$

4. F1 Score

Digunakan untuk mencari keseimbangan antara *Precision* dan *Recall*. Metrik ini sangat berguna ketika jumlah data kasus positif dan negatif tidak seimbang. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan rumus:

$$\frac{2 \times (Precision \times Recall)}{(Precision + Recall)}$$

a. Klasifikasi Tuberculosis

$$\frac{2 \times (0.870 \times 0.940)}{(0.870 + 0.940)} = 0.904$$

b. Klasifikasi Pneumonia

$$\frac{2 \times (0.783 \times 0.940)}{(0.783 + 0.940)} = 0.855$$

5. Specificity

Digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengidentifikasi kasus negatif (normal). Dari semua pasien yang benar-benar sehat (normal), berapa persen yang berhasil diidentifikasi dengan benar sebagai normal. Berikut ini adalah hasil perhitungan menggunakan rumus:

$$\frac{TN}{(TN + FP)}$$

a. Klasifikasi Tuberculosis

$$\frac{86}{(86 + 14)} = \frac{86}{100} = 0.860$$

b. Klasifikasi Pneumonia

$$\frac{74}{(74 + 26)} = \frac{74}{100} = 0.740$$

4.3 Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian

4.3.1 Analisis Implementasi Sistem

Proses implementasi berjalan lancar menggunakan perangkat dan teknologi yang telah direncanakan. Arsitektur ResNet-50 yang diterapkan melalui *transfer learning* terbukti efektif. Waktu yang dibutuhkan untuk melatih model relatif singkat karena memanfaatkan bobot yang sudah terlatih, sehingga sangat sesuai dengan batasan penelitian yang menargetkan efisiensi. Antarmuka pengguna yang minimalis berhasil dibuat dan dinilai mudah digunakan, memungkinkan operator tanpa latar belakang teknis yang mendalam untuk dapat mengoperasikannya.

4.3.2 Analisis Pengujian Sistem

Dari hasil pengujian, menunjukkan bahwa sistem ini menjanjikan sebagai alat bantu diagnosis awal.

- **Performa Keseluruhan:** Akurasi yang tinggi, didukung oleh nilai F1-Score dan AUC-ROC mengindikasikan bahwa model tidak hanya akurat tetapi juga memiliki kemampuan diskriminatif yang sangat baik dalam membedakan antara klasifikasi penyakit dan kondisi normal.
- **Akurasi per Klasifikasi:** Jika dilihat dari *confusion matrix* (Tabel 4.1), model menunjukkan performa terbaiknya dalam mengidentifikasi berbagai kondisi klasifikasi. Klasifikasi Normal berhasil mendeteksi 74% untuk model Pneumonia, dan berhasil mendeteksi 94% Pneumonia. Sedangkan Klasifikasi Normal pada model Tuberkulosis berhasil mendeteksi sebanyak 86%, dan 94% Tuberkulosis.
- **Kesalahan Klasifikasi:** Terdapat beberapa kasus kesalahan klasifikasi. Contohnya, 5 citra Tuberkulosis salah dideteksi sebagai Normal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kemiripan fitur visual antara kedua klasifikasi tersebut pada citra *X-ray*, seperti adanya infiltrat atau bercak pada paru-paru. Kesalahan ini menjadi

catatan penting untuk perbaikan model di masa depan, misalnya dengan menggunakan dataset yang lebih bervariasi atau teknik *preprocessing* yang lebih canggih untuk menonjolkan fitur pembeda.

4.3.3 Analisis Perbandingan Hasil terhadap Acuan yang Dipakai di Tinjauan Pustaka

Hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan beberapa penelitian relevan yang disebutkan pada Bab II.

- a. Dibandingkan dengan penelitian oleh Wijaya dkk. (2021) yang juga menggunakan *transfer learning* untuk deteksi COVID-19 dan Pneumonia, hasil yang diperoleh dapat dikatakan kompetitif dan sejalan dengan temuan bahwa *transfer learning* efektif untuk klasifikasi citra medis.
- b. Penelitian oleh Gusti dkk. (2024) yang menerapkan ResNet-50 untuk klasifikasi kanker kulit memperoleh memiliki perbedaan masalah (kanker kulit vs. penyakit paru-paru) dan dataset yang digunakan. Namun, hasil ini tetap mengonfirmasi bahwa arsitektur ResNet-50 merupakan pilihan yang solid untuk tugas klasifikasi citra medis.
- c. Jika dibandingkan dengan tujuan penelitian untuk menciptakan sistem yang efisien pada perangkat dengan spesifikasi rendah, penelitian ini sejalan dengan hasil Sulistio dan Lubis (2023) yang berhasil menerapkan model pada perangkat *mobile*. Meskipun penelitian ini masih dalam bentuk purwarupa desktop, fondasi model yang efisien telah berhasil dibangun, dengan waktu inferensi rata-rata di bawah satu detik per gambar pada perangkat uji.

Secara keseluruhan, hasil yang dicapai dalam penelitian ini berhasil menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian. Sistem yang dibangun mampu mendeteksi penyakit paru-paru dengan akurasi tinggi dan menunjukkan potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi alat bantu diagnosis klinis yang praktis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi, dan pengujian sistem deteksi penyakit paru-paru menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur ResNet-50, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan pendekatan transfer learning untuk membangun sistem yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit paru-paru (Pneumonia dan Tuberkulosis) serta kondisi normal dari citra *X-ray*. Sistem tersebut mampu dijalankan pada perangkat dengan spesifikasi rendah, sesuai dengan arah dan sasaran utama dari penelitian ini. Namun, untuk model Tuberkulosis ini belum dilengkapi dengan metode *Explainable AI* (XAI) seperti *Grad-CAM*, sehingga belum dapat menghasilkan visualisasi berupa heatmap yang menunjukkan area citra yang menjadi fokus model dalam pengambilan keputusan.
2. Model yang telah dilatih menunjukkan performa yang sangat baik dalam mendeteksi penyakit paru-paru. Hal ini dibuktikan dengan pencapaian metrik evaluasi yang tinggi pada dataset uji, yaitu untuk klasifikasi Tuberkulosis akurasi sebesar 90%, *Precision* 87%, *Recall* 94%, *F1 Score* 90.4%, *AUC-ROC* 97.7%, dan *Specificity* 86%. Sedangkan untuk klasifikasi Pneumonia memiliki akurasi sebesar 84%, *Precision* 78.3%, *Recall* 94%, *F1 Score* 85.5%, *AUC-ROC* 94.1%, dan *Specificity* 74%. Hasil ini menunjukkan bahwa model tidak hanya akurat, tetapi juga andal dalam membedakan antara kelas-kelas yang ada.
3. Sistem yang dikembangkan telah berhasil menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian, yaitu menyediakan alat bantu diagnosis awal yang cepat, otomatis, dan efisien. Aplikasi purwarupa yang dihasilkan juga mudah dioperasikan, sehingga berpotensi besar untuk membantu tenaga medis, terutama di fasilitas kesehatan dengan sumber daya terbatas.

5.2 Saran

Meskipun sistem yang dibangun telah menunjukkan hasil yang sesuai, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan fungsionalitas dan performa sistem di masa depan. Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan generalisasi model, terutama dalam membedakan penyakit dengan ciri visual yang mirip (seperti Pneumonia dan Tuberkulosis), penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan dataset yang lebih besar dan lebih bervariasi, yang mungkin mencakup lebih banyak jenis penyakit paru-paru lainnya.
2. Untuk meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan di lapangan, model yang telah dikembangkan dapat diimplementasikan ke dalam platform aplikasi berbasis *mobile* (Android/iOS) atau berbasis web. Hal ini akan sangat bermanfaat bagi tenaga medis di daerah terpencil.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan arsitektur CNN atau teknik *deep learning* lainnya yang lebih baru untuk melihat apakah ada peningkatan performa yang bisa dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Jarhyan, A. Hutchinson, D. Khaw, D. Prabhakaran, and S. Mohan, "Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease and chronic bronchitis in eight countries: a systematic review and meta-analysis," *Bull. World Health Organ.*, vol. 100, no. 3, pp. 216–230, 2022, doi: 10.2471/BLT.21.286870.
- [2] Kementrian Kesehatan, *Profil Kesehatan*. 2016.
- [3] yoshua bengio, "Deep learning 简介 一、什么是 Deep Learning ?," *Nature*, vol. 29, no. 7553, pp. 1–73, 2019.
- [4] H. Gm, M. K. Gourisaria, S. S. Rautaray, and M. Pandey, "Pneumonia detection using CNN through chest X-ray," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 1, pp. 861–876, 2021.
- [5] M. J. Sulistio and C. Lubis, "Implementasi CNN dan MobileNet untuk Mendeteksi Penyakit Pneumonia dan COVID-19 dengan Menggunakan Aplikasi Smartphone," *Nusant. J. Multidiscip. Sci.*, vol. 1, no. 4, pp. 736–745, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.intekom.id/index.php/njms>
- [6] I. M. D. Maysanjaya, "Klasifikasi Pneumonia pada Citra X-rays Paru-paru dengan Convolutional Neural Network," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 2, pp. 190–195, 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i2.66.
- [7] A. E. Wijaya, W. Swastika, and O. H. Kelana, "Implementasi Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network Untuk Diagnosis Covid-19 Dan Pneumonia Pada Citra X-ray," *Sainsbertek J. Ilm. Sains Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–15, 2021, doi: 10.33479/sb.v2i1.125.
- [8] F. Hasan, E. B. Priambudi, D. A. Putra, and A. P. Sari, "Analisis Citra Chest X-rays Untuk Diagnosis Penyakit Pneumothorax Menggunakan Metode Box-Counting," vol. 4, pp. 99–103, 2024.
- [9] A. Ahmad Hania, "Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, & Deep Learning," *J. Teknol. Indones.*, vol. 1, no. June, pp. 1–6, 2017, [Online]. Available: <https://amt-it.com/mengenal-perbedaan-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning/>
- [10] K. Azmi, S. Defit, and S. Sumijan, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat," *J. Unitek*, vol. 16, no. 1, pp. 28–40, 2023, doi: 10.52072/unitek.v16i1.504.
- [11] M. A. Wikanargo and A. P. Thenata, "Image Segmentation of Chest X-rays for Abnormality Pattern Recognition in Lungs Using Fuzzy C-Means Method," *J. Terap. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 101–111, 2018, doi: 10.21460/jutei.2018.22.98.
- [12] Tesaurus Bahasa Indonesia, "Kamus Besar Bahasa Indonesia 2008," *Pus. Bhs. Dep. Pendidik. Nas.*, p. 240, 2008.
- [13] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia," *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.

- [14] T. Susim and C. Darujati, “Pengolahan Citra untuk Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan OpenCV,” *J. Syntax Admiration*, vol. 2, no. 3, pp. 534–545, 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i3.202.
- [15] U. Kalsum Siregar, T. Arbaim Sitakar, S. Haramain, Z. Nur Salamah Lubis, U. Nadhirah, and F. Sains dan Teknologi, “Pengembangan database Management system menggunakan My SQL,” *SAINTEK J. Sains, Teknol. Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–12, 2024.
- [16] G. P. H. P. Gusti, E. Haerani, F. Syafria, F. Yanto, and S. K. Gusti, “Implementasi Algoritma *Convolutional Neural Network* (Resnet-50) untuk Klasifikasi Kanker Kulit Benign dan Malignant,” *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 984–992, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i3.1398.

LAMPIRAN



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**
POLITEKNIK NEGERI BALI
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128
Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

FORM BIMBINGAN SKRIPSI
Tahun Ajaran 2024/2025

Nama Mahasiswa : Dewa Putu Satria Ananda Putra
NIM : 2115354079
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul Skripsi : Pembuatan Aplikasi Berbasis CNN untuk Deteksi Penyakit Paru-Paru pada Citra X-Ray

No	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan dan Bab	Tanda Tangan
1	Senin, 9 Juni 2025	Pengujian Akurasi Program	
2	Kelasa, 16 Juni 2025	Revisi Bab 4	
3	Rabu, 11 Juni 2025	Revisi Bab 4	
4	Jumat, 13 Juni 2025	Revisi Bab 4	
5	Subte, 14 Juni 2025	Demo program	
6	Pringg, 15 Juni 2025	Demo program	
7	Senin, 16 Juni 2025	Revisi Bab 5	
8	Senin, 17 Juni 2025	Revisi Bab 5	
9	Rabu, 18 Juni 2025	Revisi Bab 5	
10	Kamis, 19 Juni 2025	Acc Ujian skripsi	

*) Bimbingan dilakukan minimal 8 kali

Bukit Jimbaran, ...19...Juni...2025.....
Pembimbing

(I Wayan Candra Winetra, S.KOM., M.KOM.)
NIP.198005312005011003

Lampiran 1 Form Bimbingan Skripsi Pembimbing 1



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI**
POLITEKNIK NEGERI BALI
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128
Laman: www.pnb.ac.id Email: politek@pnb.ac.id

FORM BIMBINGAN SKRIPSI
Tahun Ajaran 2024/2025

Nama Mahasiswa : Dewa Putu Satria Ananda Putra
NIM : 2115354079
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul Skripsi : Pembuatan Aplikasi Berbasis CNN untuk Deteksi Penyakit Paru-Paru pada Citra X Ray

No	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan dan Bab	Tanda Tangan
1	Rabu, 2 April 25	Revisi Bab 1	
2	Jumat, 11 April 25	Revisi Bab 2	
3	Selasa, 15 April 25	Analisis Sistem berjalan	
4	Senin, 9 Juni 25	Revisi bab 3	
5	Selasa, 10 Juni 25	Implementasi Sistem	
6	Rabu, 11 Juni 25	Revisi Bab 4	
7	Kamis, 12 Juni 25	Revisi Bab 4	
8	Jumat, 13 Juni 25	Revisi Bab 5	
9	Sabtu, 14 Juni 25	Demo Program	
10	Minggu, 15 Juni 25	Revisi Program	

*) Bimbingan dilakukan minimal 8 kali

Bukit Jimbaran, 19 Juni 2025.....

Pembimbing,



(Yessi Aprilia Waluyo, S.S., M.Hum.)
NIP. 198704252024212029

Lampiran 2 Form Bimbingan Skripsi Pembimbing 2



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128
Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

**PERNYATAAN TELAH MENYELESAIKAN
BIMBINGAN SKRIPSI**

Tahun Ajaran 2024/2025

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa,

Nama Mahasiswa : Dewa Putu Satria Ananda Putra
NIM : 2115354079
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul Skripsi : Pembuatan Aplikasi Berbasis CNN untuk Deteksi Penyakit Paru-Paru pada Citra X Ray

telah menyelesaikan bimbingan skripsi dan untuk selanjutnya dapat meneruskan ke sidang skripsi.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

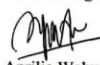
Bukit Jimbaran, 19 Juni 2025

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:


(I Wayan Candra Winetra, S.KOM., M.KOM.)
NIP.198005312005011003

Dosen Pembimbing 2:


(Yessi Aprilia Waluyo, S.S., M.Hum.)
NIP. 198704252024212029

Diketahui Oleh:

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak


Ni Gusti Ayu Putu Harry Saptarini, S.Kom., M.Cs.
NIP. 197609042006042001

Lampiran 3 Form Telah Menyelesaikan Bimbingan Skripsi