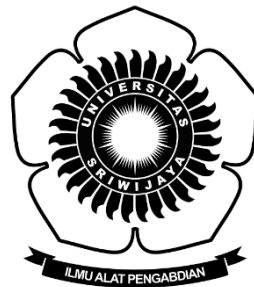


KLASIFIKASI TUBERKULOSIS PADA CITRA *CHEST X-RAY* MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh:

Annisa Dwi Septiani
NIM : 09021182126015

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

KLASIFIKASI TUBERKULOSIS PADA CITRA CHEST X-RAY MENGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di

Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:

ANNISA DWI SEPTIANI

09021182126015

Pembimbing 1 : Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002

Pembimbing 2 : Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T.
NIP. 199001092019031012

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari jumat tanggal 23 Mei 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Annisa Dwi Septiani
Nim : 09021182126015
Judul : Klasifikasi Tuberkulosis Pada Citra *Chest X-Ray* Menggunakan *Convolution Neural Network*

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua Penguji
Dr. Muhammad Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002



2. Penguji I
Osvari Arsalan, S.Kom., M.T.
NIP. 198806282018031001



3. Pembimbing I
Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002



4. Pembimbing II
Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T.
NIP. 199001092019031012



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Annisa Dwi Septiani

NIM : 09021182126015

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Skripsi : Klasifikasi Tuberkulosis Pada Citra *Chest X-Ray* Menggunakan
Convolution Neural Network

Hasil pengecekan Software Turnitin : 12%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari pihak mana pun.



Palembang, 23 Mei 2025

Penulis,



Annisa Dwi Septiani
NIM. 09021182126015

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“Karena sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

- Qs. Al-Insyirah: 5-6

“Janganlah kau berlari dari semua masalah yang menghadapimu. Cobalah kau hadapi dengan senyuman, tenangkan hati dan pikirmu. Karena pelaut hebat tak pernah lahir di laut yang tenang. Hai kawan, teruslah kau berjuang”

- Jatuh Bangkit Lagi (HIVI!)

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada:

- Allah SWT
- Orang Tua
- Keluarga Besar
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

Tuberculosis is still one of the infectious diseases that causes high mortality rates worldwide. Early detection using Chest X-Ray images is very important in the effort to treat this disease. However, manual interpretation of X-ray results performed by doctors can cause differences in diagnosis. This study aims to classify tuberculosis in Chest X-Ray images by implementing three Convolutional Neural Network (CNN) architectures, namely VGG-19, ResNet-50, and DenseNet-121. This study uses a dataset of 7,000 images consisting of 3,500 normal images and 3,500 tuberculosis images. Experiments were conducted using 12 test scenarios with a combination of hyperparameter learning rate (0.01 and 0.001) and batch size (32 and 64) on each architecture. The results showed that the best model was achieved by VGG-19 architecture with a combination of learning rate 0.001 and batch size 32, which produced the highest performance with accuracy values of 99.57%, precision 99.71%, recall 99.43%, and F1-score 99.57%. This research proves that proper CNN implementation with optimal configuration of hyperparameters can be an effective tool in detecting tuberculosis through Chest X-Ray images.

Keywords: *Tuberculosis Classification, Chest X-Ray, Convolutional Neural Network, VGG-19, ResNet-50, DenseNet-121*

ABSTRAK

Tuberkulosis masih menjadi salah satu penyakit menular yang menyebabkan angka kematian tinggi di seluruh dunia. Deteksi dini dengan menggunakan citra *Chest X-Ray* menjadi sangat penting dalam upaya penanganan penyakit ini. Namun, interpretasi manual hasil rontgen yang dilakukan oleh dokter dapat menyebabkan perbedaan diagnosis. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tuberkulosis pada citra *Chest X-Ray* dengan mengimplementasikan tiga arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), yaitu VGG-19, ResNet-50, dan DenseNet-121. Studi ini menggunakan dataset sebanyak 7.000 citra yang terdiri dari 3.500 citra normal dan 3.500 citra tuberkulosis. Eksperimen dilakukan menggunakan 12 skenario pengujian dengan kombinasi *hyperparameter learning rate* (0,01 dan 0,001) dan *batch size* (32 dan 64) pada masing-masing arsitektur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik dicapai oleh arsitektur VGG-19 dengan kombinasi *learning rate* 0,001 dan *batch size* 32, yang menghasilkan performa tertinggi dengan nilai *accuracy* sebesar 99,57%, *precision* 99,71%, *recall* 99,43%, dan *F1-score* 99,57%. Arsitektur DenseNet-121 menempati posisi kedua dengan *accuracy* 99,43%, sedangkan ResNet-50 mencapai *accuracy* terbaik sebesar 98,14%. Penelitian ini membuktikan bahwa implementasi CNN yang tepat dengan konfigurasi *hyperparameter* yang optimal dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam mendeteksi tuberkulosis melalui citra *Chest X-Ray*.

Kata Kunci: Klasifikasi Tuberkulosis, *Chest X-Ray*, *Convolutional Neural Network*, VGG-19, ResNet-50, DenseNet-121

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat, iman dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra *Chest X-Ray* Menggunakan *Convolutional Neural Network*” ini dengan baik. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan program Strata-1 di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. Dalam proses pembuatan skripsi ini penulis menerima bimbingan, bantuan, semangat, maupun petunjuk dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan nikmat-Nya sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wa Sallam yang telah memberikan jalan yang terang dan ilmu yang bermanfaat pada umatnya.
3. Kedua orang tuaku, untuk Bapakku, Bapak Selamat, terima kasih yang tak terhingga atas perjuanganmu untuk kehidupan penulis. Terima kasih telah mendidikku, memotivasi, memberi semangat, dan dukungan yang tiada henti, hingga penulis mampu menyelesaikan studinya. Semoga Bapak selalu diberi kesehatan dan panjang umur. Untuk Ibuku, Almarhumah Ibu Nuripa, seseorang yang sangat kucintai, kusayangi, dan yang paling berarti dalam hidupku. Alhamdulillah, berkat doa dan kasih sayang Ibu, kini penulis telah mencapai tahap ini. Semoga Allah SWT menempatkan Ibu di tempat yang paling mulia di sisi-Nya.

4. Sigit Prasetyo Noprianto selaku kakak penulis, terima kasih sudah membimbing, menemani, dan membantu penulis selama ini. Dukungan dan bantuan yang diberikan sangat berarti dalam setiap langkah penulis. Sehat selalu bang. Serta keluarga besar yang telah memberi dukungan dan doa untuk kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Hadipurnawan Satria, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik, sekaligus Dosen Pembimbing skripsi I, yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Bapak Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah memberi bimbingan, arahan serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah banyak memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
9. Seluruh staf Administrasi dan Pegawai Fakultas Ilmu Komputer yang telah membantu dalam urusan administrasi.
10. Teman-teman sejak awal perkuliahan, Lala Sagita, Citra Marisaha Puteri, dan Adinda Ramadhani. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang kalian berikan selama ini. Kehadiran kalian membuat perjalanan studi ini menjadi lebih berwarna dan bermakna.

11. Teman-teman seperjuangan dari Teknik Informatika Reguler L1, khususnya sahabat-sahabat terbaikku, Putri Angel Saraswati, Putri Agustina, Dewa Sheva Dzaky, Robby Hidayatullah, Agus Tian, Della Susanti, Anharul Zikri, dan Shatia Earlangga Pratama. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, bantuan, dan semangat yang kalian berikan selama masa perkuliahan. Terima kasih pula atas semua pengalaman berharga yang telah kita lalui bersama. Kehadiran kalian membuat perjalanan ini terasa lebih ringan dan penuh warna.
12. Serta berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala dukungan, bantuan, dan peran serta yang telah diberikan selama penulis menjalani proses ini. Setiap kontribusi, sekecil apapun, sangat berarti dan membantu penulis hingga dapat menyelesaikan tugas ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena kurangnya pengalaman dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna kemajuan penelitian selanjutnya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat. Terima Kasih.

Palembang, 23 Mei 2025

Penulis,



Annisa Dwi Septiani

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-5
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-5
1.6 Batasan Masalah.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-6
1.8 Kesimpulan.....	I-7
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Tuberkulosis.....	II-1
2.2.2 Data Citra <i>Chest X-Ray</i>	II-2
2.2.3 <i>Augmentasi Data</i>	II-4
2.2.4 Klasifikasi	II-4
2.2.5 <i>Deep Learning</i>	II-5
2.2.6 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	II-6
2.2.7 Evaluasi Model.....	II-10
2.2.8 <i>Rational Unified Process (RUP)</i>	II-12
2.3 Penelitian Yang Relevan	II-14

2.4	Kesimpulan.....	II-16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Pendahuluan	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis Data	III-1
3.2.2	Sumber Data.....	III-1
3.2.3	Metode Pengumpulan Data.....	III-2
3.2.4	Sampel Data	III-2
3.3	Tahapan Penelitian	III-2
3.3.1	Studi Literatur <i>Convolutional Neural Network</i>	III-4
3.3.2	Mengumpulkan Data.....	III-4
3.3.3	Menentukan Kerangka Kerja Penelitian	III-5
3.3.4	Menentukan Alat Bantu Penelitian	III-9
3.3.5	Menentukan Kriteria Pengujian	III-9
3.3.6	Menentukan Format Data Pengujian.....	III-10
3.3.7	Melakukan Pengujian Penelitian.....	III-11
3.3.8	Melakukan Analisis Hasil Pengujian dan Kesimpulan Penelitian .	III-12
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-12
3.4.1	Fase Insepsi	III-12
3.4.2	Fase Elaborasi	III-13
3.4.3	Fase Konstruksi.....	III-13
3.4.4	Fase Transisi	III-13
3.4.5	Manajemen Proyek Penelitian	III-13
3.5	Kesimpulan.....	III-16
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	Fase Insepsi	IV-1
4.2.1	Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2	Kebutuhan Sistem	IV-2
4.2.3	Analisis dan Desain.....	IV-2
4.3	Fase Elaborasi.....	IV-14
4.3.1	Pemodelan Bisnis	IV-14
4.3.2	Kebutuhan Sistem	IV-16

4.3.3	Analisis dan Perancangan	IV-17
4.4	Fase Konstruksi	IV-24
4.4.1	Kebutuhan Sistem	IV-25
4.4.2	Implementasi	IV-26
4.5	Fase Transisi	IV-29
4.5.1	Pemodelan Bisnis	IV-30
4.5.2	Rencana Pengujian	IV-30
4.5.3	Implementasi	IV-31
4.6	Kesimpulan	IV-33
BAB V	HASIL DAN ANALISIS	V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Hasil Penelitian	V-1
5.2.1	Konfigurasi Pengujian	V-1
5.2.2	Hasil Pengujian Skenario 1	V-3
5.2.3	Hasil Pengujian Skenario 2	V-4
5.2.4	Hasil Pengujian Skenario 3	V-6
5.2.5	Hasil Pengujian Skenario 4	V-7
5.2.6	Hasil Pengujian Skenario 5	V-9
5.2.7	Hasil Pengujian Skenario 6	V-10
5.2.8	Hasil Pengujian Skenario 7	V-12
5.2.9	Hasil Pengujian Skenario 8	V-13
5.2.10	Hasil Pengujian Skenario 9	V-15
5.2.11	Hasil Pengujian Skenario 10	V-16
5.2.12	Hasil Pengujian Skenario 11	V-18
5.2.13	Hasil Pengujian Skenario 12	V-19
5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-21
5.4	Kesimpulan	V-24
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1
6.2	Kesimpulan	VI-1
6.3	Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		xviii
DAFTAR LAMPIRAN		xxiii

DAFTAR TABEL

Tabel III-1. Sampel <i>Dataset</i> Citra <i>Chest X-Ray</i>	III-2
Tabel III-2. Hasil <i>Split</i> Data.....	III-6
Tabel III-3. Tabel Confusion Matrix Dua Kelas.....	III-10
Tabel III-4. Rancangan Tabel Hasil Pengujian.....	III-11
Tabel III-5. Work Breakdown Structure (WBS)	III-14
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-3. Definisi Aktor Sistem Pengujian	IV-8
Tabel IV-4. Definisi Aktor Sistem Pelatihan	IV-8
Tabel IV-5. Definisi <i>Use Case</i> Sistem Pengujian	IV-9
Tabel IV-6. Definisi <i>Use Case</i> Sistem Pelatihan	IV-9
Tabel IV-7. Skenario Prediksi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-10
Tabel IV- 8. Skenario Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-11
Tabel IV-9. Skenario Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-13
Tabel IV-10. Implementasi Kelas Sistem Pengujian	IV-26
Tabel IV-11. Implementasi Kelas Sistem Pelatihan.....	IV-27
Tabel IV-12. Rencana Pengujian <i>use case</i> Prediksi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-30
Tabel IV-13. Rencana Pengujian <i>use case</i> Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-30
Tabel IV-14. Rencana Pengujian <i>use case</i> Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-31
Tabel IV-15. Pengujian <i>Use Case</i> Prediksi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-31
Tabel IV-16. Pengujian <i>Use Case</i> Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest Chest X-Ray</i>	IV-32
Tabel IV-17. Pengujian <i>Use Case</i> Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest Chest X-Ray</i>	IV-32
Tabel V-1. Tabel Konfigurasi Percobaan.....	V-1
Tabel V-2. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 1	V-4
Tabel V-3. Metrik Evaluasi Skenario 1	V-4
Tabel V-4. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 2	V-5
Tabel V-5. Metrik Evaluasi Skenario 2	V-6
Tabel V-6. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 3	V-7
Tabel V-7. Metrik Evaluasi Skenario 3.....	V-7
Tabel V-8. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 4	V-8
Tabel V-9. Metrik Evaluasi Skenario 4.....	V-9
Tabel V-10. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 5	V-10
Tabel V-11. Metrik Evaluasi Skenario 5	V-10
Tabel V-12. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 6	V-11
Tabel V-13. Metrik Evaluasi Skenario 6.....	V-12

Tabel V-14. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 7	V-13
Tabel V-15. Metrix Evaluasi Skenario 7	V-13
Tabel V-16. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 8	V-14
Tabel V-17. Metrik Evaluasi Skenario 8	V-15
Tabel V-18. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 9	V-16
Tabel V-19. Metrix Evaluasi Skenario 9	V-16
Tabel V-20. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 10	V-17
Tabel V-21. Metrik Evaluasi Skenario 10	V-18
Tabel V-23. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 11	V-19
Tabel V-23. Metrik Evaluasi Skenario 11	V-19
Tabel V-24. <i>Confusion Matrix</i> Skenario 12	V-20
Tabel V-25. Metrik Evaluasi Skenario 12	V-21
Tabel V-26. Hasil Pengujian	V-21

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1. Citra <i>Chest X-Ray</i> Tuberkulosis	II-3
Gambar II-2. Citra <i>Chest X-ray</i> Normal	II-3
Gambar II-3. Sampel Hasil <i>Augmentasi Data</i> (Hilmi & Saputra, 2023)	II-4
Gambar II-4. Ilustrasi <i>Deep Learning</i> (Sahu et al., 2023)	II-6
Gambar II-5. Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) (AYENI, 2022)	II-7
Gambar II-6. Arsitektur VGG-19 (Xiao et al., 2020)	II-8
Gambar II-7. Arsitektur DenseNet-121 (Zebari et al., 2023).....	II-9
Gambar II-8. Arsitektur ResNet-50 (Sheikh et al., 2024).....	II-10
Gambar II-9. <i>Confusion Matrix</i> (Behar & Shrivastava, 2022).....	II-11
Gambar II-10. Fase-fase RUP (Sudarma et al., 2021)	II-13
Gambar III-1. Diagram Tahap Penelitian	III-3
Gambar III-2. Kerangka Kerja Penelitian.....	III-5
Gambar III-3. Hasil <i>Resize</i> Gambar.....	III-7
Gambar III-4. Hasil <i>Augmentasi Data</i>	III-8
Gambar IV-1. <i>Use Case Diagram</i> Pengujian.....	IV-7
Gambar IV-2. <i>Use Case Diagram</i> Sistem Pelatihan	IV-7
Gambar IV-3. Desain Antarmuka Perangkat Lunak Evaluasi	IV-15
Gambar IV-4. Desain Antarmuka Perangkat Lunak Prediksi	IV-16
Gambar IV-5. <i>Activity Diagram</i> Prediksi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-18
Gambar IV-6. <i>Activity Diagram</i> Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-19
Gambar IV-7. <i>Activity Diagram</i> Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Tuberkulosis pada Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-20
Gambar IV-8. <i>Sequence Diagram</i> Prediksi Citra <i>Chest X-Ray</i>	IV-22
Gambar IV-9. <i>Sequence Diagram</i> Evaluasi Kinerja Model.....	IV-23
Gambar IV-10. <i>Sequence Diagram</i> Pelatihan	IV-24
Gambar IV-11. <i>Class Diagram</i> Sistem Pengujian	IV-25
Gambar IV-12. <i>Class Diagram</i> Sistem Pelatihan	IV-25
Gambar IV-13. Implementasi Antarmuka Halaman Prediksi	IV-28
Gambar IV-14. Implementasi Antarmuka Halaman Evaluasi	IV-29
Gambar V- 1. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 1	V-3
Gambar V-2. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 2	V-5
Gambar V-3. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 3	V-6
Gambar V-4. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 4	V-8
Gambar V-5. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 5	V-9
Gambar V-6. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 6	V-11
Gambar V-7. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 7	V-12
Gambar V-8. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 8	V-14
Gambar V-9. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 9	V-15
Gambar V-10. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 10	V-17
Gambar V-11. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 11	V-18

Gambar V-12. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 12	V-20
Gambar V-13. Grafik Hasil Pengujian 12 Skenario	V-22

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan latar belakang penelitian ini, merumuskan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah berdasarkan latar belakang yang telah disusun, serta sistematika penulisan.

1.2 Latar Belakang Masalah

Tuberkulosis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *mycobacterium tuberculosis* yang menyerang paru-paru secara progresif. Penyakit ini dapat ditularkan melalui batuk dan bersin, seseorang yang terinfeksi tuberkulosis akan mengalami kematian jika tidak dilakukan pengobatan (Nopita et al., 2023). Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) (2024), tuberkulosis termasuk salah satu dari sepuluh penyebab utama kematian di seluruh dunia, dengan jutaan orang terinfeksi setiap tahunnya. Oleh karena itu, deteksi dini menjadi hal yang sangat penting untuk mengendalikan penyebaran penyakit ini serta meningkatkan peluang kesembuhan pasien.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk mendeteksi tuberkulosis adalah melalui analisis citra radiografi dada (*Chest X-Ray*). Namun, pembacaan hasil rontgen oleh dokter masih dilakukan secara manual, yaitu dengan melihat langsung menggunakan lampu baca rontgen atau *X-Ray viewer* yang menyebabkan perbedaan dalam interpretasi hasil rontgen antar dokter (Maheswari et al., 2024).

Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan lain yang dapat mendukung proses deteksi tuberkulosis yang diharapkan hasilnya sesuai dengan standar medis.

Pendekatan untuk deteksi tuberkulosis menggunakan *deep learning* telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satu algoritma yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar secara otomatis melalui penggunaan lapisan konvolusi dan pooling (Safitri & Srimarinda, 2024).

Penelitian tentang penyakit tuberkulosis telah dilakukan oleh beberapa peneliti menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Udayana et al., (2024) melakukan penelitian menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur VGG-19 untuk mendeteksi tuberkulosis (TB) melalui citra rontgen dada. Penelitian ini memanfaatkan dataset yang terdiri dari 3.500 citra rontgen normal dan 700 citra yang menunjukkan indikasi TB, yang diambil dari Kaggle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model VGG-19 mencapai akurasi sebesar 72,00%, dengan presisi 97,83% dan recall 45%. Keunggulan utama dari arsitektur VGG-19 adalah kemampuannya dalam mengekstraksi fitur kompleks dari citra berkat kedalaman arsitekturnya, yang memungkinkan deteksi yang lebih akurat dalam membedakan TB dari kondisi lain.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Rochmawanti et al., (2021) yang menggunakan beberapa model *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi tuberkulosis (TB) melalui citra rontgen dada. Penelitian ini menguji dataset yang terdiri dari 326 citra rontgen normal dan 336 citra yang menunjukkan indikasi TB menggunakan enam model *pre-trained* yang disediakan oleh Keras,

yaitu ResNet50, DenseNet121, MobileNet, Xception, InceptionV3, dan InceptionResNetV2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model DenseNet121 mencapai akurasi tertinggi sebesar 91,57%, sementara MobileNet mencatat waktu komputasi tercepat. Keunggulan dari arsitektur DenseNet121 terletak pada kemampuannya untuk mengatasi masalah *vanishing gradient* dengan menggunakan koneksi residual, yang memungkinkan informasi dan gradien untuk mengalir lebih baik melalui jaringan yang dalam. Hal ini meningkatkan efisiensi dalam pelatihan dan menghasilkan deteksi yang lebih akurat dalam membedakan TB dari kondisi lain.

Penelitian lain yang juga relevan dilakukan oleh Putra et al., (2024) yang menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur ResNet50, InceptionV3, dan DenseNet121 untuk mendeteksi tuberkulosis (TB) melalui citra *X-ray* paru-paru. Penelitian ini memanfaatkan dataset dari Kaggle yang terdiri dari 4.200 citra x-ray paru-paru, yang dibagi menjadi data *training* dan *testing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ResNet50 mencapai akurasi tertinggi sebesar 99% dengan precision 98.10% dan recall 98.10%. Keunggulan utama dari arsitektur ResNet50 adalah kemampuannya dalam mengatasi masalah *vanishing gradient* melalui penggunaan *shortcut connections*, yang memungkinkan model untuk belajar fitur yang lebih dalam dan kompleks, sehingga meningkatkan akurasi dalam mendeteksi TB melalui citra *X-Ray*.

Oleh karena itu, fokus utama dalam penelitian ini adalah memanfaatkan keunggulan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dikenal mampu melakukan klasifikasi secara efektif dan menghasilkan performa signifikan dalam

pengenalan citra atau gambar. Pendekatan ini diharapkan menjadi solusi untuk mendeteksi tuberkulosis dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Pada penelitian ini, dataset yang digunakan terdiri dari 7.000 citra *Chest X-ray*, yang terbagi merata menjadi 3.500 citra normal dan 3.500 citra tuberkulosis, sehingga lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini juga berfokus pada analisis tiga arsitektur CNN, yaitu VGG19, DenseNet121, dan ResNet50, untuk menentukan model yang paling unggul dalam klasifikasi tuberkulosis.

Berdasarkan keunggulan berbagai arsitektur yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam menentukan arsitektur terbaik yang dapat mendukung proses deteksi tuberkulosis secara cepat, akurat, dan efisien.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mengembangkan model klasifikasi citra *Chest X-Ray* normal dan citra *Chest X-Ray* Tuberkulosis dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan berbagai arsitektur?
2. Bagaimana *accuracy* dan performa dalam klasifikasi citra *Chest X-Ray* normal dan citra *Chest X-Ray* Tuberkulosis dengan menggunakan model CNN yang telah dibangun?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan model klasifikasi untuk membedakan antara citra *Chest X-Ray* normal dan citra *Chest X-Ray* tuberkulosis menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN)
2. Mengukur *accuracy* dan performa model CNN dalam mengklasifikasikan citra *Chest X-Ray* normal dan citra *Chest X-Ray* tuberkulosis

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat dalam bidang kesehatan dan teknologi, antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan mampu membantu tenaga medis dalam mengklasifikasikan tuberkulosis.
2. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan model yang lebih efektif untuk klasifikasi tuberkulosis.
3. Penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai klasifikasi citra tuberkulosis dengan menggunakan model *Convolutional Neural Network*.

1.6 Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian ini terarah dan tidak terlalu luas, ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Model CNN yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan citra *Chest X-Ray* normal dan citra *Chest X-Ray* tuberkulosis.

2. Dataset yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian model CNN adalah *Chest X-Ray* yang bersumber dari Kaggle.
3. Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian ini adalah VGG19, DenseNet121, dan ResNet50.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini membahas secara lengkap mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini membahas secara lengkap mengenai landasan teori serta penelitian-penelitian relevan yang menjadi dasar dalam penyusunan penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai data yang digunakan, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian, dan metode yang digunakan dalam pengembangan perangkat lunak.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas secara lengkap mengenai tahapan dan proses pengembangan perangkat lunak berdasarkan perencanaan pada BAB III, dan pengujian model klasifikasi yang telah dikembangkan untuk penelitian.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini membahas secara lengkap mengenai hasil dari pengujian yang telah dilakukan dan melakukan analisa pada hasil pengujian tersebut.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya dengan tujuan untuk mengembangkan penelitian tersebut.

1.8 Kesimpulan

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan dalam penelitian ini. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini akan mengembangkan model *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan tuberkulosis pada citra *Chest X-Ray*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, K., Mijwil, M. M., Sonia, Al-Mistarehi, A. H., Alomari, S., Gök, M., Alaabdin, A. M. Z., & Abdulrhman, S. H. (2022). Has the Future Started? The Current Growth of Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 3(1), 115–123. <https://doi.org/10.52866/ijcsm.2022.01.01.013>
- Aldino, A. A., Saputra, A., Nurkholis, A., & Setiawansyah, S. (2021). Application of Support Vector Machine (SVM) Algorithm in Classification of Low-Cape Communities in Lampung Timur. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(3), 325–330. <https://doi.org/10.47065/bits.v3i3.1041>
- Andika, D., & Darwis, D. (2021). MODIFIKASI ALGORITMA GIFSHUFFLE UNTUK PENINGKATAN KUALITAS CITRA PADA STEGANOGRAFI. *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi*, 1(2), 19–23. <https://doi.org/10.33365/jiiti.v1i2.614>
- Ardiawan, R., Rakasiwi, T., Maulana, G. R., & Yudistira, N. (2021). *Aplikasi Deteksi Covid-19 dan Pneumonia melalui Citra X-ray Dada menggunakan Residual Convolutional Neural Network*.
- AYENI, J. A. (2022). Convolutional Neural Network (CNN): The architecture and applications. *Applied Journal of Physical Science*, 4(4), 42–50. <https://doi.org/10.31248/AJPS2022.085>
- Bedi, P., & Gole, P. (2021). Plant disease detection using hybrid model based on convolutional autoencoder and convolutional neural network. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 5, 90–101. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2021.05.002>
- Behar, N., & Shrivastava, M. (2022). ResNet50-Based Effective Model for Breast Cancer Classification Using Histopathology Images. *CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 130(2), 823–839. <https://doi.org/10.32604/cmes.2022.017030>
- Chicco, D., Tötsch, N., & Jurman, G. (2021). The matthews correlation coefficient (Mcc) is more reliable than balanced accuracy, bookmaker informedness, and markedness in two-class confusion matrix evaluation. *BioData Mining*, 14, 1–22. <https://doi.org/10.1186/s13040-021-00244-z>

- Diar, R. M., Fu'Adah, R. Y. N., & Usman, K. (2022). *Klasifikasi Penyakit Paru-Paru Berbasis Pengolahan Citra X Ray Menggunakan*.
- ElGhany, S. A., Ibraheem, M. R., Alruwaili, M., & Elmogy, M. (2021). Diagnosis of Various Skin Cancer Lesions Based on Fine-Tuned ResNet50 Deep Network. *Computers, Materials and Continua*, 68(1), 117–135. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.016102>
- Hakimin, K., Kom, M., Subandri, M. A., & Kom, M. (2021). *Penerapan Metode Rational Unified Process (Rup) Pada Pembuatan Aplikasi Public Speaking*.
- Hilmi, N., & Saputra, W. A. (2023). Implementasi HE, AHE, dan CLAHE Pada Metode Convolutional Neural Network untuk Identifikasi Citra X-Ray Paru-Paru Normal atau Terinfeksi Covid19. *Edu Komputika Journal*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.15294/edukomputika.v10i1.57237>
- Khairunnisak, K., Ashari, H., & Kuncoro, A. P. (2020). ANALISIS FORENSIK UNTUK MENDETEKSI KEASLIAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE NIST. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 3(2), 72–81. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v3i2.634>
- Maheswari, B. U., Sam, D., Mittal, N., Sharma, A., Kaur, S., Askar, S. S., & Abouhawwash, M. (2024). *Explainable deep-neural-network supported scheme for tuberculosis detection from chest radiographs*.
- Mayya, K. S. K., Makarim, I. F., Mahendra, Z. Y. A. D., & Sari, A. P. (2024). Implementasi Metode Convolutional Neural Network untuk Memilah Foto Pemandangan Pantai dan Pegunungan. *Journal of Software Engineering and Multimedia (JASMED)*, 2(2), 62–72. <https://doi.org/10.20895/jasmed.v2i2.1525>
- Meena, G., Mohbey, K. K., Indian, A., & Kumar, S. (2022). Sentiment Analysis from Images using VGG19 based Transfer Learning Approach. *Procedia Computer Science*, 204, 411–418. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.050>
- Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Florestiyanto, M. Y. (2020). APLIKASI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK IDENTIFIKASI UMUR POHON. *Telematika*, 16(2), 97. <https://doi.org/10.31315/telematika.v16i2.3183>

- Ningtias, D. R., Rofi'i, M., & Pramudita, B. A. (2024). Utilization of Spiking Neural Network (SNN) in X-Ray Image for Lung Disease Detection. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 7(2), 523–533. <https://doi.org/10.31289/jite.v7i2.10671>
- Nopita, E., Suryani, L., & Siringoringo, H. E. (2023). *Analisis Kejadian Tuberkulosis (TB) Paru* Analysis of the Incidence of Pulmonary Tuberculosis (TB). 6(1). <https://doi.org/10.32524/jksp.v6i1.827>
- Punjani, D. N., & Atkotiya, K. (2018). A Comprehensive Study of Various Classification Techniques in Medical Application using Data Mining. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(6), 1039–1042. <https://doi.org/10.26438/ijcse/v6i6.10391042>
- Putra, A. Z., Prayugo, R., Siregar, R. M. A., Syabani, R., & Simarmata, A. (2024). Implementation Transfer Learning on Convolutional Neural Network for Tuberculosis Classification. *Sinkron*, 8(3), 1515–1525. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.13723>
- Rachmadhany Iman, Basuki Rahmat, & Achmad Junaidi. (2024). Implementasi Algoritma K-Means dan Knearest Neighbors (KNN) Untuk Identifikasi Penyakit Tuberkulosis Pada Paru-Paru. *Repeater : Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan*, 2(3), 12–25. <https://doi.org/10.62951/repeater.v2i3.77>
- Rahman, T., Khandakar, A., Kadir, M. A., Islam, K. R., Islam, K. F., Mazhar, R., Hamid, T., Islam, M. T., Kashem, S., Mahbub, Z. B., Ayari, M. A., & Chowdhury, M. E. H. (2020). Reliable tuberculosis detection using chest X-ray with deep learning, segmentation and visualization. *IEEE Access*, 8, 191586–191601. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3031384>
- Rasyid, A., & Heryawan, L. (2023). *Klasifikasi Penyakit Tuberculosis (TB) Organ Paru Manusia Berdasarkan Citra Rontgen Thorax Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)*.
- Reshi, A. A., Rustam, F., Mehmood, A., Alhossan, A., Alrabiah, Z., Ahmad, A., Alsuwailam, H., & Choi, G. S. (2021). An Efficient CNN Model for COVID-19 Disease Detection Based on X-Ray Image Classification. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6621607>
- Rochmawanti, O., Utaminingrum, F., & Bachtiar, F. A. (2021). *ANALISIS PERFORMA PRE-TRAINED MODEL CONVOLUTIONAL NEURAL*

NETWORK DALAM MENDETEKSI PENYAKIT TUBERKULOSIS.
<https://doi.org/10.25126/jtiik.202184441>

- Safitri, I. O., & Srimarinda, R. D. (2024). Penerapan Metode Support Vector Machine (SVM) dan Convolutional Neural Network (CNN) dengan Pendekatan Threshold Tuning untuk Klasifikasi Diagnosa Pneumonia pada Data Chest X-Ray Images Kata Kunci– Pneumonia, Chest X-ray, Convolutional Neural Network (CNN), Support Vector Machine (SVM), Machine Learning. *INFERENSI*, *xx*, 2721–3862. <https://doi.org/10.12962/j27213862.vxix.xxxx>
- Sahu, S. K., Mokhode, A., & Bokde, N. D. (2023, February). An Overview of Machine Learning, Deep Learning, and Reinforcement Learning-Based Techniques in Quantitative Finance: Recent Progress and Challenges. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app13031956>
- Sheikh, L. M. K., Shaikh, A., Sandupatla, A., Pudale, R., Bakare, A., & Chavan, Prof. M. (2024). Classification of Simple CNN Model and ResNet50. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *12*(4), 4606–4610. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.60677>
- Sudarma, M., Ariyani, S., & Wicaksana, P. A. (2021). Implementation of the Rational Unified Process (RUP) Model in Design Planning of Sales Order Management System. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, *5*(2), 249–265. <https://doi.org/10.29407/intensif.v5i2.15543>
- Suganyadevi, S., Seethalakshmi, V., & Balasamy, K. (2022). A review on deep learning in medical image analysis. *International Journal of Multimedia Information Retrieval*, *11*(1), 19–38. <https://doi.org/10.1007/s13735-021-00218-1>
- Udayana, I. P. A. E. D., Indrawan, I. G. A., & Prawira, I. M. K. S. (2024). Comparison of Deep Learning Methods for Detecting Tuberculosis Through Chest X-Rays I Putu Agus Eka Darma Udayana 1)* , I Gusti Agung Indrawan 2) , I Made Karang Satria Prawira 3) 1)*2)3). *Architecture and High Performance Computing*, *6*(3). <https://doi.org/10.47709/cnapc.v6i3.4345>
- Vellaichamy, A. S., Swaminathan, A., Varun, C., & S, K. (2021). MULTIPLE PLANT LEAF DISEASE CLASSIFICATION USING DENSENET-121

ARCHITECTURE. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY*, 12(5).
<https://doi.org/10.34218/ijeet.12.5.2021.005>

Wang, X., Chen, S., Li, T., Li, W., Zhou, Y., Zheng, J., Chen, Q., Yan, J., & Tang, B. (2020). Depression Risk Prediction for Chinese Microblogs via Deep-Learning Methods: Content Analysis. *JMIR Medical Informatics*, 8(7), e17958. <https://doi.org/10.2196/17958>

Xiao, J., Wang, J., Cao, S., & Li, B. (2020). Application of a Novel and Improved VGG-19 Network in the Detection of Workers Wearing Masks. *Journal of Physics: Conference Series*, 1518(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1518/1/012041>

Yousef, J., Alzamily, I., Ariffin, S. B., & Naser, S. S. A. (2022). CLASSIFICATION OF ENCRYPTED IMAGES USING DEEP LEARNING-RESNET50. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 15(21). www.jatit.org

Zebari, N. A., Alkurdi, A. A. H., Marqas, R. B., & Salih, M. S. (2023). Enhancing Brain Tumor Classification with Data Augmentation and DenseNet121. *Academic Journal of Nawroz University*, 12(4), 323–334. <https://doi.org/10.25007/ajnu.v12n4a1985>