

**IMPLEMENTASI VISION TRANSFORMER (VIT) UNTUK
KLASIFIKASI MULTI-PENYAKIT PARU
PADA CITRA X-RAY**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Informatika



disusun oleh
RAFI HAQUL BAASITH
21.11.3854

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2025**

**IMPLEMENTASI VISION TRANSFORMER (VIT) UNTUK
KLASIFIKASI MULTI-PENYAKIT PARU
PADA CITRA X-RAY**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Informatika



disusun oleh
RAFI HAQUL BAASITH
21.11.3854

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

IMPLEMENTASI VISION TRANSFORMER (VIT) UNTUK
KLASIFIKASI MULTI-PENYAKIT PARU
PADA CITRA X-RAY

yang disusun dan diajukan oleh

Rafi Haqul Baasith

21.11.3854

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 22 Agustus 2025

Dosen Pembimbing,



Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng.
NIK. 190302375

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
IMPLEMENTASI VISION TRANSFORMER (VIT) UNTUK
KLASIFIKASI MULTI-PENYAKIT PARU
PADA CITRA X-RAY

yang disusun dan diajukan oleh

Rafi Haqul Baasith

21.11.3854

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 22 Agustus 2025

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Anna Baita, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302290

Nafiatun Sholihah, S.Kom., M.Cs.
NIK. 190302524

Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng.
NIK. 190302375

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 22 Agustus 2025

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Prof. Dr. Kusrini, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Rafi Haqul Baasith
NIM : 21.11.3854

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

IMPLEMENTASI VISION TRANSFORMER (VIT) UNTUK KLASIFIKASI MULTI-PENYAKIT PARU PADA CITRA X-RAY

Dosen Pembimbing : Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom, M.Eng

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 22 Agustus 2025

Yang Menyatakan,



Rafi Haqul Baasith

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan ridhoNya yang telah memberikan kesehatan, kelancaran dan kekuatan. Atas segala karunia serta kemudahan yang engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Selain itu penulis juga berterimakasih kepada orang yang sangat berarti dalam pembuatan skripsi ini:

1. Kedua Orang Tua, Almarhum Bapak Puranam dan Ibu Siti Khodijah, kedua adik tercinta, Faiq Ahmad Aliffio dan Qeiss Elghifary, yang telah memberikan doa, motivasi, semangat yang tak ternilai harganya.
2. Dosen pembimbing, Bapak Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom, M.Eng., yang telah membimbing dari awal hingga terselesaikannya skripsi.
3. Teman-teman Universitas Amikom Yogyakarta (IF01 angkatan 2021) yang sudah banyak membantu dan mendorong saya dalam proses pengerjaan skripsi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia dan limpahan rahmat dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “IMPLEMENTASI VISION TRANSFORMER (VIT) UNTUK KLASIFIKASI MULTI-PENYAKIT PARU PADA CITRA X-RAY”. Serta tidak lupa juga shalawat beserta salam kepada baginda Nabi Muhammad shallallahu ‘alaihi wasallam beserta keluarganya, para sahabatnya dan ahli sunnah.

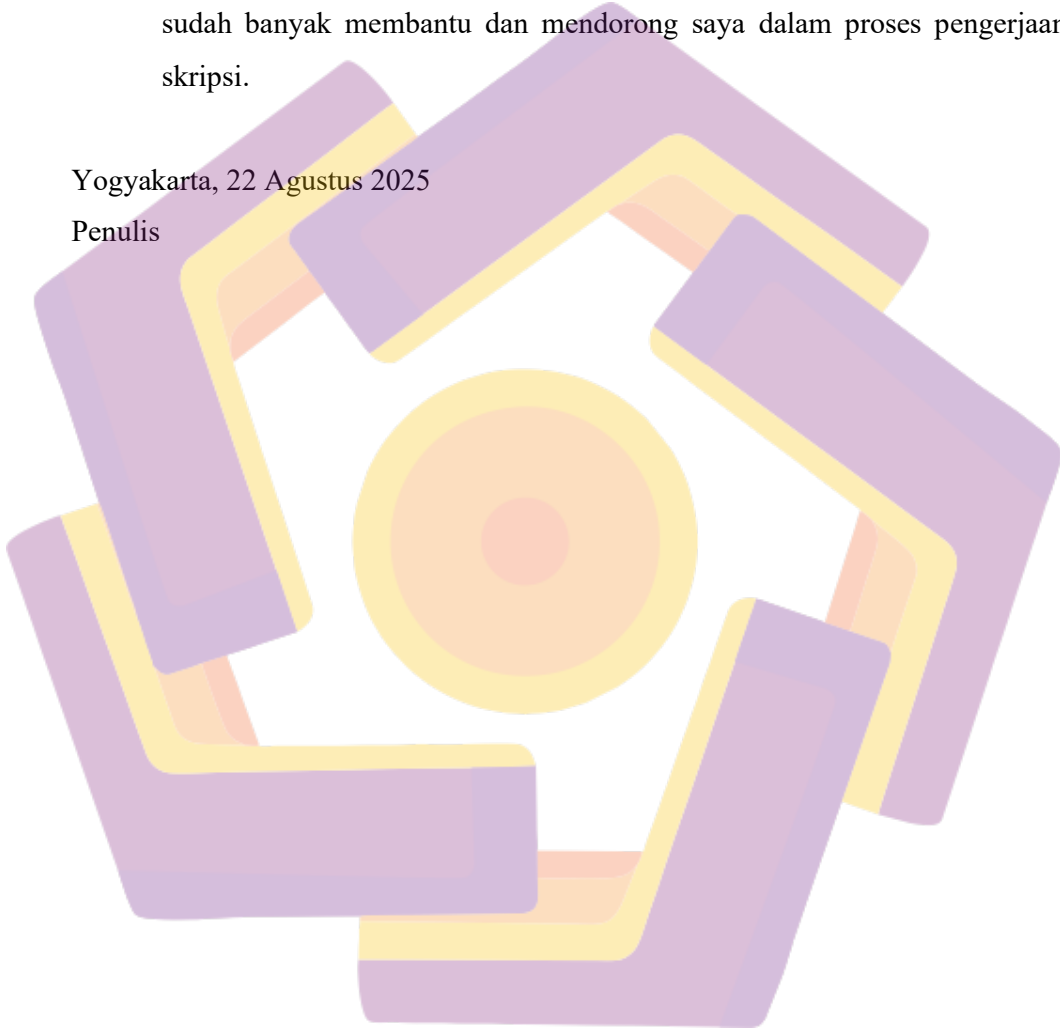
Skripsi ini ditulis untuk memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Komputer dalam Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer. Selama penulisan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa kritik, saran, motivasi serta bantuan lainnya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, Almarhum Bapak Puranam dan Ibu Siti Khodijah, kedua adik tercinta, Faiq Ahmad Aliffio dan Qeiss Elghifary, yang telah memberikan doa, motivasi, semangat yang tak ternilai harganya.
2. Bapak Prof. Dr. M. Suyanto, M.M., selaku Rektor Universitas AMIKOM Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Kusrini, M.Kom. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas AMIKOM Yogyakarta beserta seluruh jajarannya.
4. Ibu Eli Pujiastuti, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta beserta seluruh jajarannya.
5. Bapak Bapak Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng., selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan kritik, saran, waktu, motivasi dan bimbingan dalam skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.
6. Ibu Anna Baita, M. Kom., dan Nafiatun Sholihah, S.Kom., M.Cs., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan atas penyelesaian skripsi ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta yang telah mengajari penulis dari semester awal hingga akhir sehingga penulis memperoleh banyak sekali ilmu yang bermanfaat dan pengalaman yang sangat berharga.
8. Teman-teman Universitas Amikom Yogyakarta (IF01 angkatan 2021) yang sudah banyak membantu dan mendorong saya dalam proses pengerjaan skripsi.

Yogyakarta, 22 Agustus 2025

Penulis

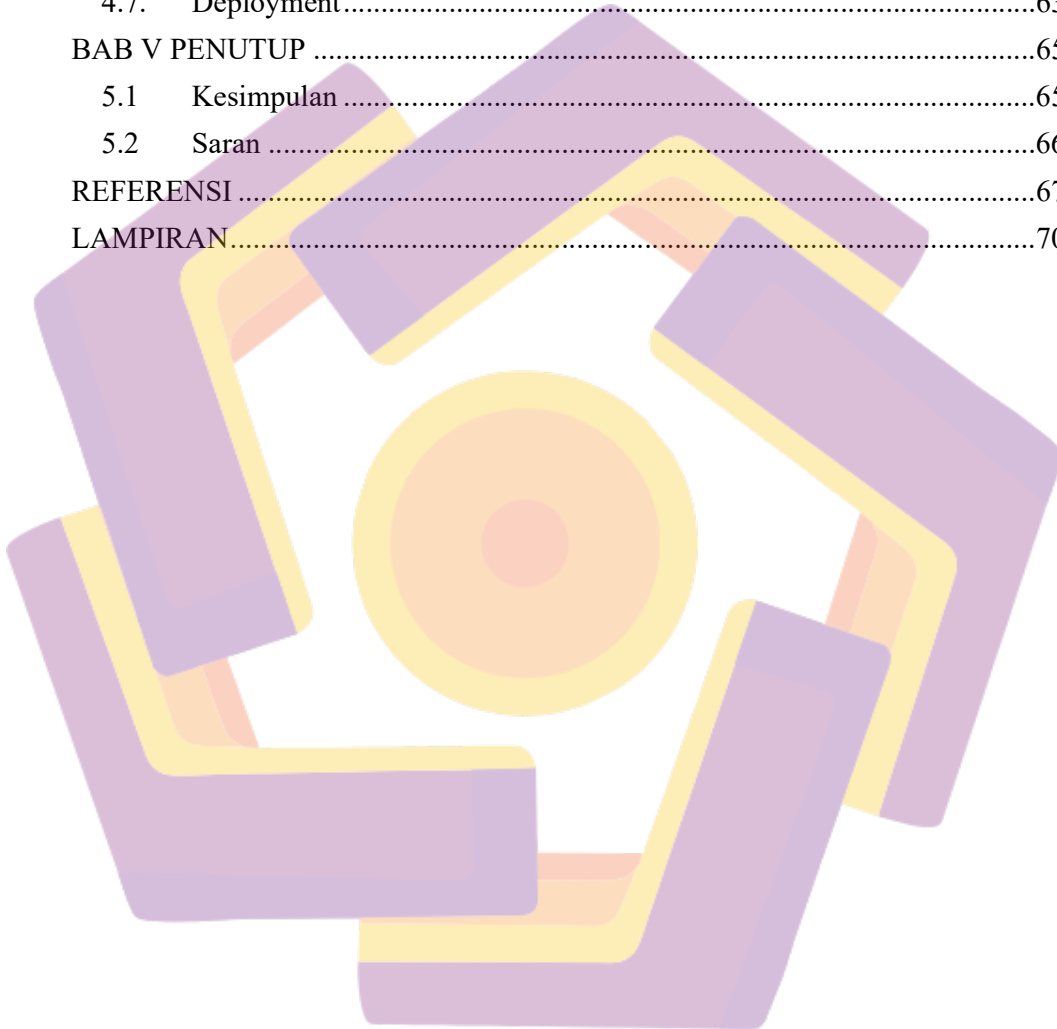


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
INTISARI	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
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	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Dasar Teori.....	12
2.2.1 Penyakit Paru-paru	12
2.2.2 Deep Learning.....	13
2.2.3 Exploratory Data Analysis.....	13
2.2.4 <i>Pre-processing</i> Data.....	14
2.2.5 Vision Transformer (ViT).....	14
2.2.6 <i>Multi-Label Classification</i>	15
2.2.7 Evaluasi.....	16

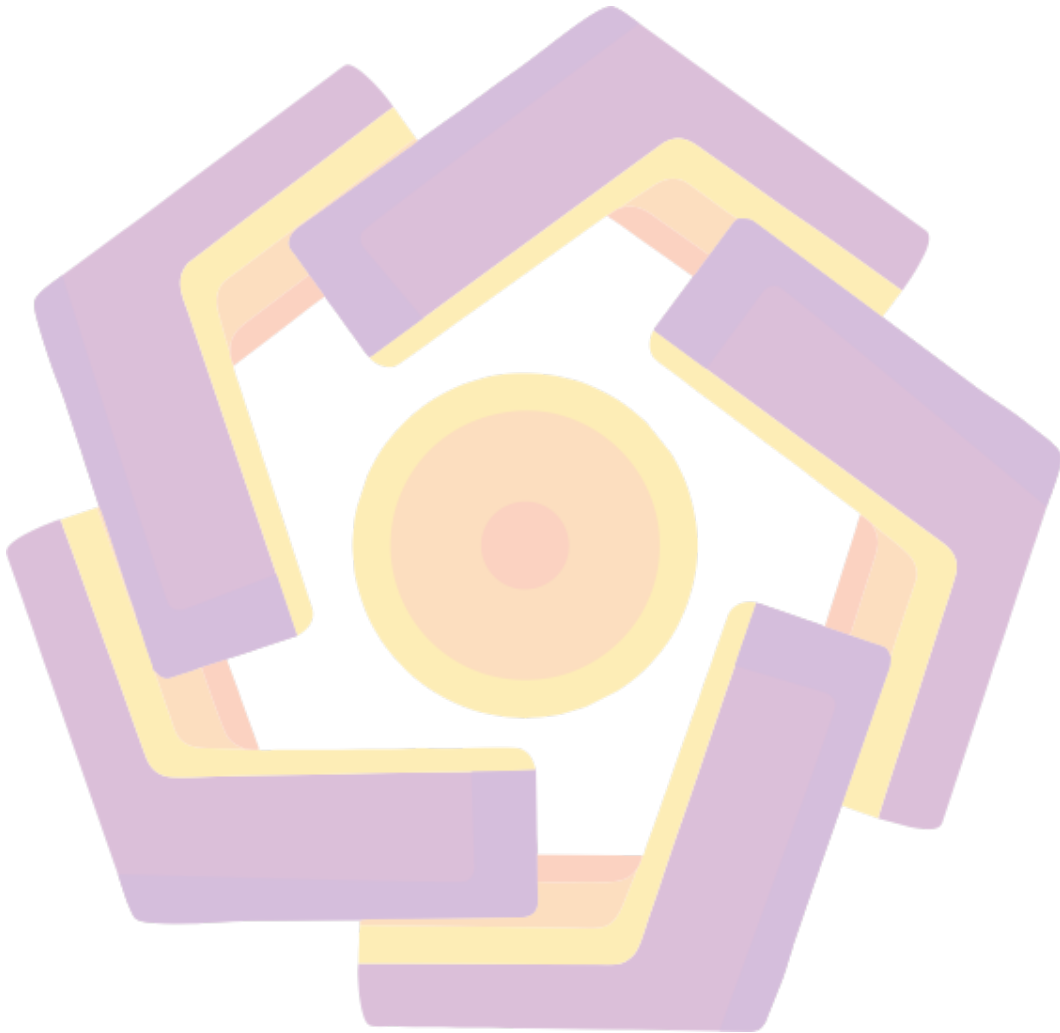
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1. Objek Penelitian.....	20
3.2. Alur Penelitian	20
3.2.1. Pengumpulan Data	21
3.2.2. <i>Exploratory Data Analysis</i> (EDA).....	22
3.2.3. <i>Pre-processing</i>	22
3.2.4. Split data	23
3.2.5. Pelatihan Model	23
3.2.6. Optimasi.....	24
3.2.7. Evaluasi Model	25
3.3. Alat dan Bahan.....	26
3.3.1. Dataset Penelitian.....	26
3.3.2. Alat/instrumen.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Pengumpulan Data	28
4.2. <i>Exploratory Data Analysis</i> (EDA).....	29
4.2.1. Distribusi Data	29
4.2.2. Analisis Nilai Unik	32
4.2.3. Rasio Imbalance Data	32
4.2.4. Penanganan <i>uncertain value</i>	33
4.2.5. Korelasi Antar Penyakit.....	39
4.3. <i>Pre-processing Data</i>	40
4.3.1. Penanganan <i>Missing Value</i> dan <i>Uncertain</i>	40
4.3.2. Seleksi Fitur (<i>Feature Selection</i>)	41
4.3.3. Transformasi Gambar (<i>Image Transformation</i>).....	41
4.3.4. Augmentasi Data (<i>Data Augmentation</i>).....	43
4.3.5. Normalisasi dan <i>Encoding data</i>	43
4.3.6. <i>Data Splitting</i>	45
4.4. Pelatihan Model	48
4.4.1. Inisialisasi Model dan Dataset	48
4.4.2. Pengaturan Metrik Evaluasi	49
4.4.3. Konfigurasi Pelatihan.....	50
4.4.4. Proses Pelatihan	51
4.5. Optimasi.....	54

4.5.1.	Optimasi Adam	54
4.5.2.	<i>Learning Rate Scheduler</i>	54
4.6.	Evaluasi	55
4.6.1.	Evaluasi AUC	55
4.6.2.	Evaluasi Confusion Matrix	57
4.7.	Deployment	63
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66
REFERENSI		67
LAMPIRAN		70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Keaslian Penelitian	8
Tabel 4.1 Distribusi Label pada dataset CheXpert-v1.0-small	28



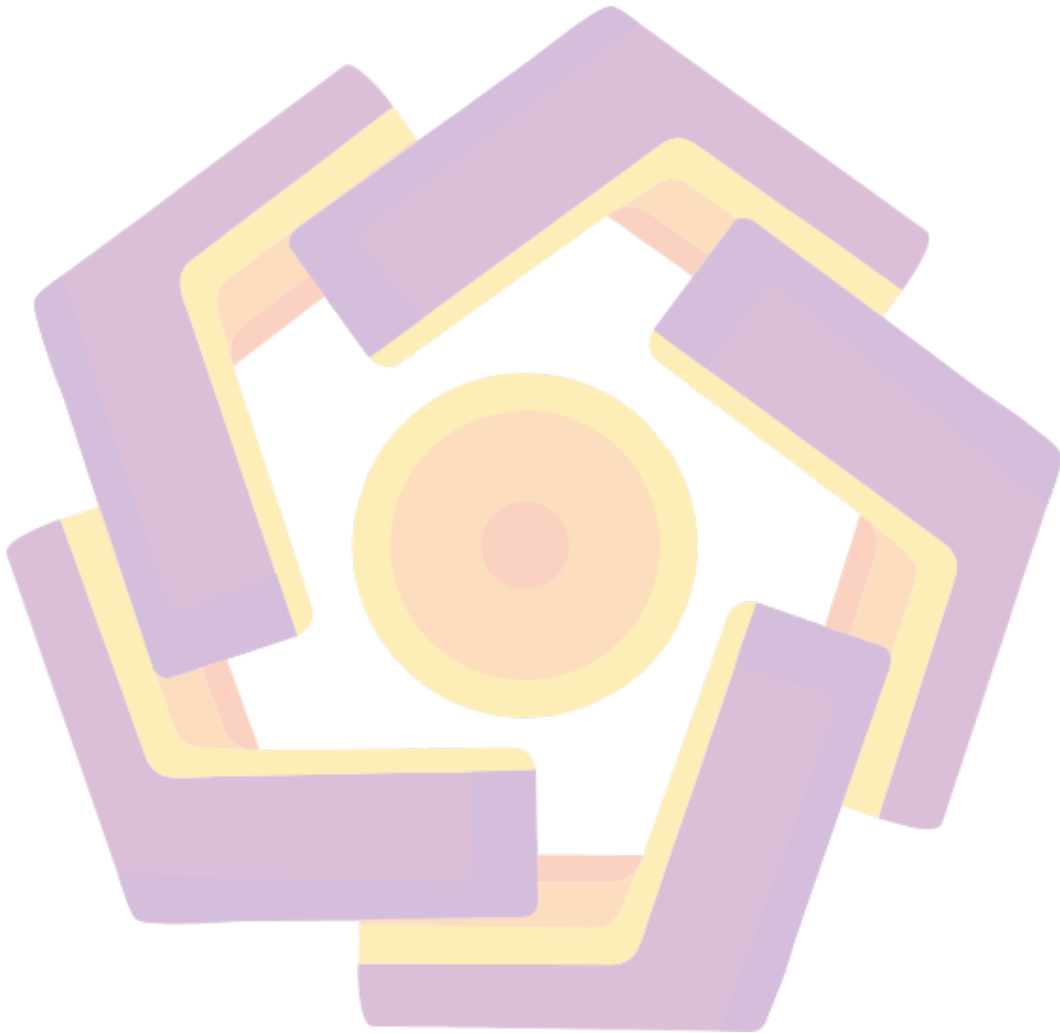
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. 14 jenis kelainan paru paru	12
Gambar 2.2. Model Overview.....	15
Gambar 4.1. Jumlah baris dan kolom pada dataset.....	29
Gambar 4.2 Distribusi nama-nama kolom/label	30
Gambar 4.3. Distribusi data	31
Gambar 4.4. Distribusi data unik pada setiap label dataset	32
Gambar 4.5. Distribusi jumlah label positif pada dataset	33
Gambar 4.6. Perbandingan gambar pada jenis Enlarged Cardiomeastinum.....	34
Gambar 4.7. Perbandingan gambar pada jenis Cardiomegaly	34
Gambar 4.8. Perbandingan gambar pada jenis Lung Opacity	34
Gambar 4.9. Perbandingan gambar pada jenis Lung Lesion	35
Gambar 4.10. Perbandingan gambar pada jenis Edema	35
Gambar 4.11. Perbandingan gambar pada jenis Consolidation	35
Gambar 4.12. Perbandingan gambar pada jenis Pneumonia.....	36
Gambar 4.13. Perbandingan gambar pada jenis Atelectasis	36
Gambar 4.14. Perbandingan gambar pada jenis Pneumothorax	36
Gambar 4.15. Perbandingan gambar pada jenis Pleural Effusion.....	37
Gambar 4.16. Perbandingan gambar pada jenis Pleural Other	37
Gambar 4.17. Perbandingan gambar pada jenis Fracture	37
Gambar 4.18. Korelasi dataset CheXpert-v1.0-small	39
Gambar 4.19. Proses penanganan nilai uncertain pada dataset training	41
Gambar 4.20. List label data yang akan di hapus	41
Gambar 4.21. Kode bagian untuk transformasi gambar	42
Gambar 4.22. Kode untuk memproses normalisasi gambar dan encoding.....	44
Gambar 4.23. Hasil normalisasi dan one-hot label encoding	45
Gambar 4.24. Proses Pembagian data	46
Gambar 4.25. Distribusi data train setelah spliting data	46
Gambar 4.26. Distribusi data validasi setelah spliting data	47
Gambar 4.27. Distribusi data test setelah spliting data.....	47

Gambar 4.28. Inisialisasi model pelatihan.....	48
Gambar 4.29. Merik untuk menyimpan nilai akurasi saat training.....	49
Gambar 4.30. Konfigurasi untuk pelatihan model.....	50
Gambar 4.31. Kode untuk pelatihan model	51
Gambar 4.32. Hasil rekaman akurasi saat proses training	52
Gambar 4.33. Grafik loss proses perlatihan.....	53
Gambar 4.34. Grafik AUC proses pelatihan.....	53
Gambar 4.35. ROC AUC Curve	56
Gambar 4.36. Grafik AUC hasil testing.....	56
Gambar 4.37. Classification report sebelum Youden's J statistic	57
Gambar 4.38. Confusion matrix per label sebelum Youden's J statistic	58
Gambar 4.39. Nilai akurasi per label sebelum Youden's J statistic.....	59
Gambar 4.40. Classification report setelah Youden's J statistic.....	60
Gambar 4.41. Confusion matrix per label setelah Youden's J statistic	61
Gambar 4.42. Nilai akurasi per label sesudah Youden's J statistic	62
Gambar 4.43. Tampilan web deployment.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

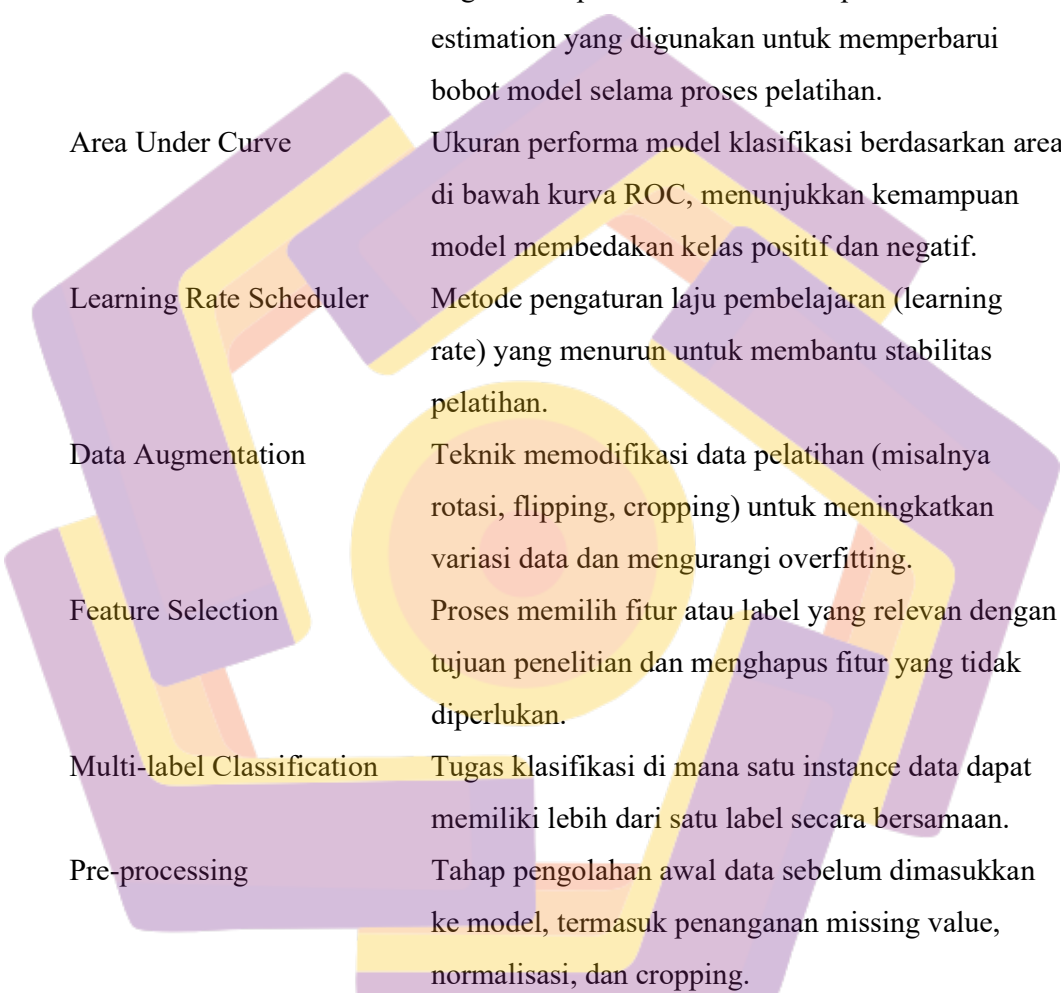
Lampiran 1. Code Github	70
Lampiran 2. Tampilan Hasil Deployment	70



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

η	Nilai learning rate warmup
T	Jumlah langkah (step)
AUC	Area Under the Curve, ukuran performa model klasifikasi berdasarkan luas area di bawah kurva ROC.
EDA	Exploratory Data Analysis, proses eksplorasi data untuk memahami pola, distribusi, dan karakteristik dataset.
FN	False Negative, prediksi negatif yang sebenarnya positif.
FP	False Positive, prediksi positif yang sebenarnya negatif.
MLC	Multi-Label Classification, klasifikasi di mana satu instance dapat memiliki lebih dari satu label.
NaN	Not a Number, nilai kosong atau hilang dalam dataset.
ROC	Receiver Operating Characteristic, kurva yang menggambarkan hubungan antara TPR dan FPR.
TP	True Positive, prediksi positif yang benar.
TN	True Negative, prediksi negatif yang benar.
ViT	Vision Transformer, arsitektur deep learning berbasis transformer untuk pemrosesan citra.
U-Ones	Uncertain to Ones, teknik penanganan label -1.0 menjadi 1.0 pada dataset medis.
LR	Learning Rate, laju pembelajaran dalam proses optimisasi model.
Adam	Adaptive Moment Estimation, algoritma optimisasi yang menggabungkan momentum dan adaptasi laju pembelajaran.

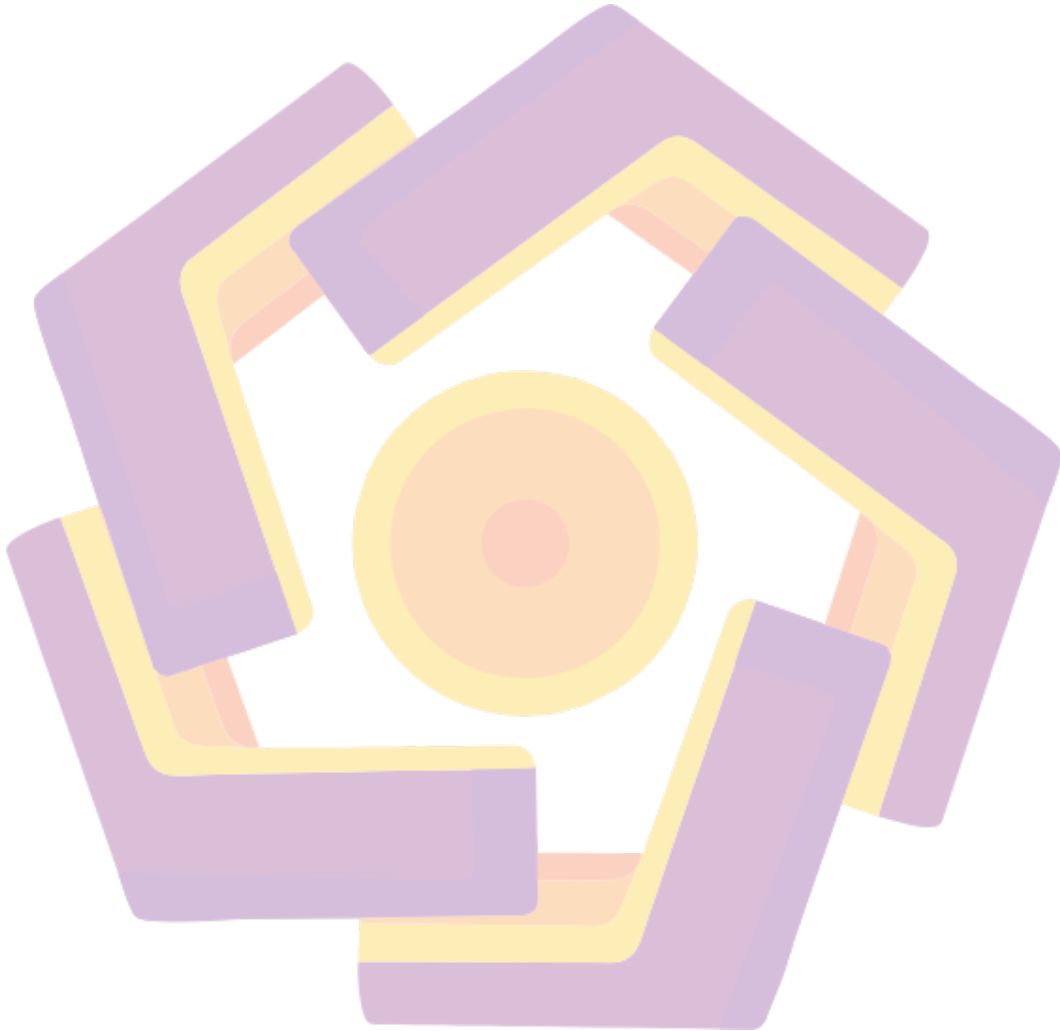
DAFTAR ISTILAH



Accuracy	Persentase prediksi model yang benar dibandingkan total prediksi yang dilakukan.
Adam	Algoritma optimisasi berbasis adaptive moment estimation yang digunakan untuk memperbarui bobot model selama proses pelatihan.
Area Under Curve	Ukuran performa model klasifikasi berdasarkan area di bawah kurva ROC, menunjukkan kemampuan model membedakan kelas positif dan negatif.
Learning Rate Scheduler	Metode pengaturan laju pembelajaran (learning rate) yang menurun untuk membantu stabilitas pelatihan.
Data Augmentation	Teknik memodifikasi data pelatihan (misalnya rotasi, flipping, cropping) untuk meningkatkan variasi data dan mengurangi overfitting.
Feature Selection	Proses memilih fitur atau label yang relevan dengan tujuan penelitian dan menghapus fitur yang tidak diperlukan.
Multi-label Classification	Tugas klasifikasi di mana satu instance data dapat memiliki lebih dari satu label secara bersamaan.
Pre-processing	Tahap pengolahan awal data sebelum dimasukkan ke model, termasuk penanganan missing value, normalisasi, dan cropping.
Receiver Operating Characteristic	Kurva yang menampilkan hubungan antara true positive rate dan false positive rate pada berbagai threshold.
Vision Transformer	Arsitektur model deep learning berbasis mekanisme self-attention yang diadaptasi untuk pengolahan citra.

Warmup

Tahap awal pelatihan di mana learning rate secara bertahap dinaikkan dari nilai kecil ke nilai target untuk menghindari ketidakstabilan.



INTISARI

Penyakit paru-paru merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di dunia, sehingga deteksi dini memiliki peran penting dalam meningkatkan peluang keberhasilan pengobatan. Citra rontgen dada (Chest X-ray) menjadi salah satu modalitas yang umum digunakan untuk mendiagnosis berbagai penyakit paru-paru. Namun, interpretasi citra ini memerlukan keahlian radiologis dan berpotensi menimbulkan subjektivitas. Penelitian ini mengimplementasikan Vision Transformer (ViT) untuk melakukan klasifikasi multi-label penyakit paru-paru pada citra X-ray menggunakan dataset CheXpert-v1.0-small yang terdiri dari 223.414 baris data dengan 12 label penyakit. Tahap penelitian meliputi pemilihan fitur penyakit relevan, penanganan nilai missing dan uncertain dengan teknik U-Ones, deteksi outlier berbasis intensitas cahaya, data splitting, image preprocessing dan augmentasi, serta optimasi model menggunakan Adam optimizer, learning rate scheduler dengan warmup, dan Label Smoothing Regularization. Model ViT yang digunakan adalah pretrained vit-base-patch16-224-in21k dari HuggingFace yang kemudian difine-tuning menggunakan Trainer berbasis PyTorch. Hasil evaluasi menunjukkan model mampu mencapai nilai micro AUC yang memadai sebesar 0,81 dan macro AUC sebesar 0.7. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem deteksi otomatis multi-penyakit paru berbasis pembelajaran mendalam.

Kata kunci: Vision Transformer, Multi-label Classification, CheXpert, Deep Learning, X-ray.

ABSTRACT

Lung disease is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide, so early detection plays a crucial role in improving treatment outcomes. Chest X-rays are one of the most commonly used modalities for diagnosing various lung diseases. However, interpreting these images requires radiological expertise and may introduce subjectivity. This study implements the Vision Transformer (ViT) to perform multi-label classification of lung diseases on X-ray images using the CheXpert-v1.0-small dataset, which consists of 223,414 data rows with 12 disease labels. The research stages include selecting relevant disease features, handling missing and uncertain values using the U-Ones technique, intensity-based outlier detection, data splitting, image preprocessing and augmentation, and model optimization using the Adam optimizer, learning rate scheduler with warmup, and Label Smoothing Regularization. The ViT model used is the pretrained vit-base-patch16-224-in21k from HuggingFace, which was then fine-tuned using a PyTorch-based trainer. Evaluation results show that the model achieves a satisfactory micro AUC of 0.81 and a macro AUC of 0.7. This research is expected to serve as a reference for the development of an automated multi-disease lung detection system based on deep learning.

Keyword: Vision Transformer, Multi-label Classification, CheXpert, Deep Learning, X-ray.