



**KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN PADA POHON APEL DENGAN CNN  
DAN ARSITEKTUR VGG16**

**TUGAS AKHIR**

**AZY UMARDI AZHRA**

**1910511028**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**PROGRAM STUDI S-1 INFORMATIKA**

**2023**



**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN PADA POHON APEL DENGAN CNN  
DAN ARSITEKTUR VGG16**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Komputer**

**AZY UMARDI AZHRA**

**1910511028**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**PROGRAM STUDI S-1 INFORMATIKA**

**2023**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Azy Umardi Azhra

NIM : 1910511028

Program Studi : S1 - Informatika

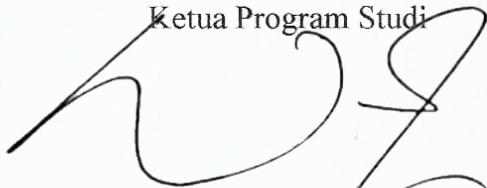
Judul : Klasifikasi Penyakit Daun Pada Pohon Apel dengan CNN  
dan Arsitektur VGG16

Dinyatakan telah memenuhi syarat dan menyetujui untuk ujian sidang skripsi.

Jakarta, 31 Mei 2023

Mengetahui,

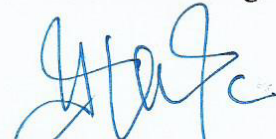
Ketua Program Studi



(Dr. Widya Cholil, S.Kom., M.I.T.)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



(Yuni Widiastiwi, S.Kom, M.Si.)

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Azy Umardi Azhra

NIM : 1910511028

Tanggal : 27 Juni 2023

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 27 Juni 2023



(Azy Umardi Azhra)

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Azy Umardi Azhra  
NIM : 1910511028  
Fakultas : Ilmu Komputer  
Program studi : S1 Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksekutif (*Non-exclusive Royalti Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **Klasifikasi Penyakit Daun Pada Pohon Apel Dengan CNN dan Arsitektur VGG16**

Dengan Hak Bebas royalty ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengai media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yang menyatakan,

  
(Azy Umardi Azhra)

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 27 Juni 2023

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Azy Umardi Azhra  
NIM : 1910511028  
Program Studi : S1 Informatika  
Judul Tugas Akhir : Klasifikasi Penyakit Daun Pada Pohon Apel Dengan  
CNN dan Arsitektur VGG16

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

**(Henki Bayu Seta, S.Kom, M.TI.)**

Penguji I

**(Helena Nurramdhani I., S.Pd., M.Kom.)**

Penguji II

**(Yuni Widiastiwi, S.Kom, M.Si.)**

Pembimbing

**(Dr. Ermatita, M.Kom.)**

Dekan

**(Dr. Widya Cholil, M.I.T.)**

Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal Ujian : 27 Juni 2023



# Klasifikasi Penyakit Daun Pada Pohon Apel Dengan CNN dan Arsitektur VGG16

Azy Umardi Azhra

## ABSTRAK

Pohon Apel adalah salah satu pohon yang menghasilkan buah musiman atau tahunan, Identifikasi akurat penyakit daun apel sangat penting untuk mengendalikan penyebaran penyakit dan memastikan perkembangan industri apel yang sehat dan stabil. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan model dan aplikasi web yang bisa digunakan oleh user untuk memprediksi penyakit pada daun apel. Dalam penerapan atau pembuatan model menggunakan salah satu teknologi *deep learning* yang memiliki kemampuan dalam *Computer Vision*, salah satunya yaitu klasifikasi objek pada citra. Metode yang digunakan dalam melakukan klasifikasi citra yaitu *Convolutional Neural Network (CNN)* dan Arsitektur *VGG16* yang juga memanfaatkan *Transfer Learning* di dalamnya. Hasil dalam penelitian ini adalah model klasifikasi citra penyakit daun apel berbasis web untuk memudahkan para petani pohon Apel dalam memprediksi atauantisipasi penyakit daun apel dengan akurasi terbesar adalah pada epoch ke 100 yaitu sebesar 0.9016 atau 90,016% dan untuk loss terkecil adalah pada epoch ke 100 yaitu sebesar 0.2434. Akan tetapi, untuk val akurasi dan val los jauh dari training accuracy dan validation accuracy. Val accuracy terbaik didapat pada epoch ke 76 dengan besar akurasi 80,74%. Sedangkan Val Loss sangat besar. Val Los terbesar yaitu sebesar 2.5912 yang terdapat pada epoch ke 86. Walaupun model mengalami overfitting, akan tetapi, model ini sangat bagus untuk memprediksi penyakit *rust* karena dari 25 kali percobaan langsung dengan gambar daun apel dari petani apel, mendapatkan akurasi sebesar 96 %. Sedangkan untuk kelas healthy menghasilkan akurasi sebesar 100 %.

**Kata kunci:** Penyakit Daun Apel, Klasifikasi, CNN, VGG16, Flask

# Klasifikasi Penyakit Daun Pada Pohon Apel Dengan CNN dan Arsitektur VGG16

Azy Umardi Azhra

## ABSTRACT

*The Apple tree is one of the trees that produces seasonal or yearly fruits. Accurate identification of apple leaf diseases is crucial for controlling the spread of diseases and ensuring the healthy and stable development of the apple industry. The aim of this research is to develop a model and web application that can be used by users to predict diseases on apple leaves. In the implementation or development of the model, one of the deep learning technologies that excels in Computer Vision, specifically object classification in images, is used. The method used for image classification is Convolutional Neural Network (CNN) and the VGG16 architecture, which also utilizes Transfer Learning. The result of this research is a web-based image classification model for apple leaf diseases, which aims to assist apple tree farmers in predicting or anticipating apple leaf diseases. The highest accuracy achieved is 90.016% at epoch 100, and the lowest loss is 0.2434 at epoch 100. However, the validation accuracy and validation loss are far from the training accuracy and validation accuracy. The best validation accuracy of 80.74% is obtained at epoch 76, while the validation loss is significantly high. The highest validation loss of 2.5912 occurs at epoch 86. Despite the model experiencing overfitting, it is still excellent at predicting rust disease, as it achieves an accuracy of 96% in direct experiments with apple leaf images provided by apple farmers. Additionally, it achieves 100% accuracy for the healthy class.*

**Keywords:** *Apple Leaf Diseases, Classification, CNN, VGG16, Flask*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Klasifikasi Penyakit Daun Pada Pohon Apel Dengan CNN dan Arsitektur VGG16” tepat pada waktunya. Penyelesaian tugas akhir ini pula tidak lepas dari bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- a. Ibu Dr. Ermatita, M. Kom., selaku dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- b. Ibu Dr. Widya Cholil, M.I.T. selaku Kepala Program Studi S1 Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- c. Ibu Yuni Widiastiwi, S.Kom, M.Si. selaku dosen pembimbing Skripsi.
- d. Ayah dan Ibu serta keluarga yang selalu mendukung, mendidik, dan membimbing penulis hingga saat ini serta selalu mendoakan kesuksesan penulisan skripsi yang dibuat oleh penulis.
- e. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membagikan ilmunya kepada penulis.
- f. Bapak Mansyur selaku petani apel yang selalu mendukung penelitian yang dilakukan oleh penulis, mulai dari pemberian izin mengambil dataset, hingga pembuatan aplikasi selesai.
- g. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan serta kerja sama yang baik sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR RUMUS .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
1.6. Luaran yang diharapkan.....	5
1.7. Sistematika Penulisan .....	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Tanaman Apel.....	7
2.2. Identifikasi Penyakit Apel.....	7
2.2.1 Scab .....	7
2.2.2 Rust .....	8
2.2.3 Multiple-Diseased .....	9
2.3. CNN ( <i>Convolutional Neural Network</i> ).....	10
2.3.1 Convolutional Layer.....	11
2.3.2 Pooling Layer .....	12
2.4. <i>Skewness</i> .....	14
2.5. <i>Kurtosis</i> .....	14
2.6. Image Denoising .....	16
2.7. Sobel Filter.....	17

2.8. Canny Edge Detector .....	17
2.9. Histogram Equalization .....	18
2.10. Image Segmentation.....	20
2.11. Imbalance Data .....	20
2.12. <i>Transfer Learning</i> .....	21
2.13. VGG16.....	22
2.14. Bottleneck Features.....	23
2.15. Web Application dengan Flask.....	24
2.16. Penelitian yang Relevan.....	25
<b>BAB III : METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1. Identifikasi Masalah.....	35
3.2. Studi Literatur .....	35
3.3. Mempersiapkan Dataset.....	36
3.4. Preprocessing .....	36
3.5. Buat Model.....	37
3.6. Test Model Awal.....	38
3.7. Implementasi Model ke Aplikasi Web .....	38
3.8. Test Model di Aplikasi Web dengan <i>Black Box</i> .....	39
3.9. Test Model di Aplikasi Web oleh Petani .....	39
3.10. Alat Bantu Penelitian .....	40
3.11. Jadwal Rencana Penelitian.....	41
<b>BAB IV : PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1. Dataset dan Exploratory Data Analysis .....	42
4.2. Menerapkan Skewness dan Kurtosis .....	47
4.3. Image Denoising .....	50
4.4. Edge Detection dengan Sobel .....	52
4.5. Edge Detection dengan Cany Edge.....	55
4.6. Histogram Equalization .....	58
4.7. Image Segmentation.....	60
4.8. Mempersiapkan Dataset Untuk Deep Learning .....	65
4.9. Mengatasi Imbalanced Data.....	66
4.10. Buat Model.....	71
4.11. Test Model Awal.....	80
4.12. Implementasi Model Ke Aplikasi Web.....	85

4.12.1	Instalasi Flask.....	88
4.12.2	Membuat struktur proyek.....	89
4.12.3	Membuat File CSS.....	90
4.12.4	Membuat File HTML.....	92
4.12.5	Membuat File JavaScript.....	95
4.12.6	Membuat Route Flask.....	98
4.12.7	Jalankan Aplikasi.....	101
4.13.	Test Model di Aplikasi Web dengan <i>Black Box</i> .....	104
4.14.	Test Model di Aplikasi Web oleh Petani.....	124
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN.....		126
5.1.	Kesimpulan.....	126
5.2.	Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....		128
RIWAYAT HIDUP.....		133
LAMPIRAN.....		134
Lampiran I : Administrasi Penelitian.....		134
A.	Lembar Pengesahan Skripsi.....	134
B.	Hasil Turnitin.....	135
Lampiran II : Dataset.....		136
A.	Data Sekunder dan Primer.....	136
B.	Data berdasarkan Kelas.....	136
C.	Ploting Data Training yang digunakan.....	137
Lampiran III: Hasil Preprocessing.....		138
A.	Analysis Color Channel dengan Skewness dan Kurtosis.....	138
B.	Hasil Image Denoising.....	139
C.	Hasil Edge detection Dengan Sobel.....	139
D.	Hasil Canny Edge.....	139
E.	Hasil Histogram Equalization.....	140
F.	Hasil Image Segmentation dengan Otsu's Binarization.....	140
G.	Hasil Image Segmentation dengan KNN.....	140
H.	Hasil Handling Imbalanced Data dengan SMOTE.....	141
Lampiran IV : Hasil Pembuatan Model.....		141
A.	Model Summary VGG16.....	141
B.	Model Summary Bottleneck Feature.....	142

C.	Hasil Training dengan 100 Epoch .....	142
D.	Grafik Akurasi Training dan Validation .....	142
Lampiran V : Hasil Uji Coba Model.....		143
A.	Test Model Awal .....	143
B.	Hasil Uji Coba dengan Black Box .....	143
Lampiran VI : Dokumentasi .....		164
A.	Dokumentasi Pengambilan Dataset Ke Petani Pak Mansyur .....	164
B.	Dokumentasi Hasil Uji Coba Aplikasi oleh Petani.....	164

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Penelitian yang relevan .....	25
Tabel 2 Jadwal Rencana Penelitian.....	41
Tabel 3 Hasi Uji Coba Kelas Healthy .....	104
Tabel 4 Hasi Uji Coba Kelas Multiple Diseases .....	109
Tabel 5 Hasi Uji Coba Kelas Rust .....	115
Tabel 6 Hasi Uji Coba Kelas Scab .....	120

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Daun terinfeksi <i>scab</i> .....	8
Gambar 2 Daun terinfeksi <i>rust</i> .....	9
Gambar 3 Daun terinfeksi <i>multiple diseases</i> .....	10
Gambar 4 Arsitektur CNN .....	11
Gambar 5 Ilustrasi Konvolusi .....	12
Gambar 6 Ilustrasi Proses Max Pooling.....	13
Gambar 7 Ilustrasi Skewness .....	14
Gambar 8 Jenis Kurtosis .....	15
Gambar 9 Ilustrasi Hasil Denoising .....	16
Gambar 10 Ilustrasi Hasil Sobel Filter.....	17
Gambar 11 Ilustrasi Hasil Canny Edge.....	18
Gambar 12 Ilustrasi Penerapan Histogram Equalization .....	19
Gambar 13 Arsitektur VGG16.....	22
Gambar 14 Metode Penelitian.....	35
Gambar 15 Alur penerapan <i>preprocessing</i> .....	37
Gambar 13 Alur pembuatan aplikasi dengan <i>flask</i> .....	38
Gambar 17 Alur pengujian Model di Aplikasi Web dengan metode <i>Black box</i> ..	39
Gambar 18 Alur pengujian aplikasi oleh petani.....	40
Gambar 19 Eksplorasi Jumlah Dataset training dan testing yang digunakan .....	43
Gambar 20 Dataset training dan Testing secara detail per kelasnya.....	44
Gambar 21 File CSV <i>image_id</i> data train dan data test .....	45
Gambar 22 Jumlah Dataset training secara detail per kelasnya.....	46
Gambar 23 Jumlah Dataset training dengan diagram pie .....	47
Gambar 24 <i>Red Channel Plot</i> .....	49
Gambar 25 <i>Green Channel Plot</i> .....	49
Gambar 26 <i>Blue Channel Plot</i> .....	50
Gambar 27 Hasil Image Denoising dengan Non-Local Means Denoising.....	51
Gambar 28 <i>Ilustrasi Cara Kerja Sobel Filter</i> .....	53
Gambar 29 <i>Hasil penggunaan Sobel Filter</i> .....	55
Gambar 30 Implementasi deteksi tepi Canny dengan OpenCV .....	57
Gambar 31 <i>Hasil penggunaan Canny Edge Filter</i> .....	58
Gambar 32 Implementasi Histogram Equalization dengan OpenCV .....	59
Gambar 33 Hasil penggunaan Histogram Equalization .....	60
Gambar 34 Hasil Segmentasi <i>Otsu's Binarization</i> .....	61
Gambar 35 Penerapan <i>Otsu's Binarization</i> pada baris code .....	61
Gambar 36 Penerapan segmentasi dengan K-Means pada baris code .....	62
Gambar 37 Hasil Segmentasi K-means Clustering .....	65
Gambar 38 <i>Shape data x_train dan y_train</i> .....	66
Gambar 39 Cara Kerja Algoritma SMOTE .....	67
Gambar 40 Penggunaan SMOTE pada baris kode.....	68
Gambar 41 Hasil perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan Handling Imbalanced data dengan SMOTE .....	69

Gambar 42 Hasil data shape x_train dan y_train setelah dilakukan <i>handling Imbalanced data dengan SMOTE</i> .....	69
Gambar 43 Baris Kode untuk menentukan Validation Factor .....	69
Gambar 44 Hasil menentukan validation factor.....	70
Gambar 45 Model Summary .....	72
Gambar 46 Baris kode proses pengambilan output dari layer terakhir model VGG16.....	73
Gambar 47 Model input .....	73
Gambar 48 Model Output .....	73
Gambar 49 Baris kode untuk melakukan <i>fine-tuning</i> pada model VGG16. ....	74
Gambar 50 Informasi Tentang Layer Pada Model Setelah Proses Fine-Tuning .	75
Gambar 51 Implementasi <i>bottleneck feature</i> dengan baris kode .....	76
Gambar 52 Layer CNN pada baris kode .....	77
Gambar 53 Pelatihan model menggunakan data <i>bottleneck feature</i> .....	78
Gambar 54 Hasil Training dengan Epoch = 100.....	79
Gambar 55 Baris kode untuk Test model awal .....	80
Gambar 56 Baris kode untuk mengonversi prediksi kelas.....	83
Gambar 57 Hasil Testing Model Awal .....	85
Gambar 58 Tampilan Awal .....	86
Gambar 59 Tampilan Setelah User menekan button “Pilih Gambar”.....	87
Gambar 60 Tampilan Setelah User menekan button “Prediksi” .....	87
Gambar 61 Tampilan Menu Dokumentasi Hasil Uji Coba Model .....	88
Gambar 62 Struktur Proyek Aplikasi Web dengan <i>Flask</i> .....	90
Gambar 63 Isi File CSS .....	91
Gambar 64 Hasil pembuatan base HTML .....	92
Gambar 65 Isi File index.html untuk base.html .....	94
Gambar 66 Halaman Klasifikasi .....	94
Gambar 67 Halaman Hasil Uji Coba .....	95
Gambar 68 <i>Route Flask</i> .....	99
Gambar 69 Run Python File pada Visual Studio Code.....	101
Gambar 70 Hasil aplikasi setelah dijalankan .....	101
Gambar 71 Tampilan Awal Aplikasi .....	102
Gambar 72 Hasil dari menekan tombol “Pilih Gambar Untuk Prediksi” .....	102
Gambar 73 Tampilan setelah user memilih gambar pada device .....	103
Gambar 74 Tampilan setelah user menekan tombol predict.....	103
Gambar 75 Tampilan menu “Hasil Uji Coba” .....	103
Gambar 76 Dokumentasi Uji coba Aplikasi oleh Petani .....	125



## DAFTAR RUMUS

Rumus 1 Rumus Momen ke- k dari distribusi .....	15
Rumus 2 Rumus Menghitung Skewness.....	16
Rumus 3 Penyederhanaan rumus distribusi .....	16
Rumus 4 Rumus umum menghitung akurasi model .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	: Administrasi Penelitian.....	134
Lampiran II	: Dataset.....	136
Lampiran III	: Hasil Preprocessing .....	138
Lampiran IV	: Hasil Pembuatan Model .....	141
Lampiran V	: Hasil Uji Coba Model .....	143
Lampiran VI	: Dokumentasi.....	164