



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**IMPLEMENTASI MODEL RESNET PADA KLASIFIKASI
CITRA PENYAKIT DAUN DENGAN METODE JARINGAN
SYARAF KONVOLUSIONAL (CNN)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

MUHAMMAD JAFAR SHODIQ

21120116130052

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER**

SEMARANG

MEI 2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama : Muhammad Jafar Shodiq
NIM : 21120116130052
Jurusan/Program Studi : Teknik Komputer
Judul Tugas Akhir : Implementasi Model ResNet Pada Klasifikasi Citra Penyakit Daun Dengan Metode Jaringan Syaraf Konvolusional (CNN)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

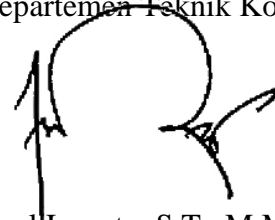
TIM PENGUJI

Pembimbing I : Dr. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.
Pembimbing II : Yudi Eko Windarto, S.T., M.Kom.
Ketua Penguji : Dr. Oky Dwi Nurhayati, S.T., M.T.
Anggota Penguji : Dania Eridani, S.T., M.Eng.

()
()
()
()

Semarang, 25 Mei 2020

Ketua Departemen Teknik Komputer



Dr. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.

NIP. 197007272000121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Muhammad Jafar Shodiq

NIM : 21120116130052

Tanda Tangan :



Tanggal : 25 Mei 2020

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Jafar Shodiq
NIM : 2112011613052
Jurusan/Program Studi : Teknik Komputer
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Implementasi Model ResNet Pada Klasifikasi Citra Penyakit Daun Dengan Metode Jaringan Syaraf Konvolusional (CNN) beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini, Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 25 Mei 2020

Yang menyatakan



Muhammad Jafar Shodiq

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Implementasi Model ResNet Pada Klasifikasi Citra Penyakit Daun Dengan Metode Jaringan Syaraf Konvolusional (CNN)”**.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Komputer Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Diharapkan penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam bidang Pendidikan.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan, doa bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, melalui kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Komputer dan dosen pembimbing I yang telah memberikan petunjuk serta bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir.
2. Bapak Yudi Eko Windarto, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan petunjuk serta bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir.
3. Ibu Ike Pertiwi Windasari, S.T., M.T. selaku dosen Koordinator Tugas Akhir, yang telah memberikan petunjuk serta bimbingan pelaksanaan rangkaian kegiatan Tugas Akhir.
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Komputer yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan dorongan untuk terus berkarya.
5. Kedua orangtua dan keluarga yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Sahabat-sahabat Penulis selama melaksanakan studi di Departemen Teknik Komputer yang selalu siap mendukung dan membantu Penulis setiap saat, yaitu Hisyam Pohan, Muhamad Khoderi, Rio Julian Azis Pratama, Usman Ralih Muis, dan Tengku Kemal Yusron yang selalu menguatkan dan saling membantu selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman Teknik Komputer, khususnya angkatan 2016 yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada Penulis.
8. Staf Tata Usaha Departemen Teknik Komputer yang telah bekerja dengan baik.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih perlu perbaikan, kritik, saran dan masukan di masa yang akan datang demi sempurnanya Laporan Tugas Akhir ini. Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Penulis maupun bagi orang banyak. Akhir kata Penulis mengucapkan terima kasih.

Semarang, 25 Mei 2020



Muhammad Jafar Shodiq

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Klasifikasi.....	6
2.3 Implementasi	7
2.4 Penyakit Daun	7
2.5 Citra Digital	11
2.6 Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence – AI</i>).....	12
2.7 Pembelajaran Mesin (<i>Machine Learning – ML</i>).....	12
2.8 Pembelajaran Dalam (<i>Deep Learning – DL</i>)	13
2.9 Jaringan Syaraf Konvolusional (<i>Convolutional Neural Network – CNN</i>) 14	
2.10 <i>Backpropagation</i>	20
2.11 <i>Deep Residual Network (ResNet)</i>	20

2.12	<i>Confusion Matrix</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Populasi dan Sampel	24
3.2	Variabel dan Definisi Operasional Variabel.....	24
3.3	Jenis dan Sumber Data	25
3.4	Metode Analisis.....	26
3.5	Tahapan Penelitian	26
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1	Pengumpulan Data	28
4.2	Prapengolahan Data.....	28
4.3	Pembuatan Model.....	34
4.4	Pelatihan Model.....	38
4.5	Analisa Hasil Pengujian Model	40
BAB V PENUTUP.....		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		59
BIODATA MAHASISWA		62
MAKALAH TUGAS AKHIR		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyakit keropeng pada daun apel	7
Gambar 2.2 Penyakit busuk hitam pada daun apel	8
Gambar 2.3 Penyakit busuk hitam pada daun anggur.....	8
Gambar 2.4 Penyakit esca pada daun anggur.....	9
Gambar 2.5 Penyakit hawar pada daun anggur.....	9
Gambar 2.6 Penyakit bercak kering pada daun kentang	9
Gambar 2.7 Penyakit hawar pada daun kentang	10
Gambar 2.8 Penyakit bercak bakteri pada daun tomat.....	10
Gambar 2.9 Penyakit bercak septoria pada daun tomat	11
Gambar 2.10 Penyakit bercak coklat pada daun tomat	11
Gambar 2.11 Hubungan AI, ML, dan DL.....	14
Gambar 2.12 Arsitektur jaringan syaraf konvolusional	14
Gambar 2.13 Ekstraksi Ciri.....	15
Gambar 2.14 Ilustrasi proses konvolusi	16
Gambar 2.15 <i>Max Pooling</i>	18
Gambar 2.16 <i>Average Pooling</i>	18
Gambar 2.17 Blok ResNet	21
Gambar 2.18 Perbandingan jaringan biasa dengan jaringan ResNet	21
Gambar 3.1 Tahapan penelitian	27
Gambar 4.1 Keluaran dari fungsi <code>make_train_data</code>	30
Gambar 4.2 Keluaran array dari fungsi <code>make_train_data</code>	31
Gambar 4.3 Contoh citra daun	31
Gambar 4.4 Nilai X setelah dibagi dengan 255	32
Gambar 4.5 Nilai Y setelah LabelEncoder dan <code>to_categorical</code>	33
Gambar 4.6 Arsitektur model.....	36
Gambar 4.7 ResNet-50 <code>model.summary()</code>	37
Gambar 4.8 ResNet-101 <code>model.summary()</code>	38
Gambar 4.9 ResNet-50, 10% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	40
Gambar 4.10 ResNet-50, 10% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	41
Gambar 4.11 ResNet-50, 10% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i> ...	41

Gambar 4.12 ResNet-50, 20% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	42
Gambar 4.13 ResNet-50, 20% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	42
Gambar 4.14 ResNet-50, 20% validasi 0,001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i>	43
Gambar 4.15 ResNet-50, 10% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	43
Gambar 4.16 ResNet-50, 10% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	44
Gambar 4.17 ResNet-50, 10% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i> .	44
Gambar 4.18 ResNet-50, 20% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	45
Gambar 4.19 ResNet-50, 20% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	45
Gambar 4.20 ResNet-50, 20% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i> .	45
Gambar 4.21 ResNet-101, 10% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	46
Gambar 4.22 ResNet-101, 10% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	47
Gambar 4.23 ResNet-101, 10% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i> .	47
Gambar 4.24 ResNet-101, 20% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	48
Gambar 4.25 ResNet-101, 20% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	48
Gambar 4.26 ResNet-101, 20% validasi, 0,001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i> .	48
Gambar 4.27 ResNet-101, 10% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	49
Gambar 4.28 ResNet-101, 10% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	49
Gambar 4.29 ResNet-101, 10% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i>	50
Gambar 4.30 ResNet-101, 20% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>accuracy</i>	50
Gambar 4.31 ResNet-101, 20% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>loss</i>	51
Gambar 4.32 ResNet-101, 20% validasi, 0,0001 <i>learning rate</i> , <i>confusion matrix</i>	51
Gambar 4.33 Citra daun uji pertama	52
Gambar 4.34 Citra daun uji pertama, ResNet-50	52
Gambar 4.35 Citra daun uji pertama, ResNet-101	53
Gambar 4.36 Citra daun uji kedua	53
Gambar 4.37 Citra daun uji kedua, ResNet-50	54
Gambar 4.38 Citra daun uji kedua, ResNet-101	54
Gambar 4.39 Citra daun uji ketiga	55
Gambar 4.40 Citra daun uji ketiga, ResNet-50	55
Gambar 4.41 Citra daun uji ketiga, ResNet-101	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Confusion matrix.....	22
Table 3.1 Variabel dan deifinisi operasional variabel.....	24
Tabel 4.1 Jumlah data validasi dan data latih per kategori	34
Tabel 4.2 Percobaan yang dilakukan	39
Tabel 4.3 Hasil pelatihan ResNet-50	40
Table 4.4 Hasil pelatihan ResNet-101	46

ABSTRAK

Pengenalan penyakit tanaman khususnya pada bagian daun yang dilakukan dengan visualisasi manual dinilai memiliki kompleksitas yang cukup tinggi. Pengolahan citra digital merupakan salah satu alternatif yang peka untuk mengatasi masalah pengenalan karakteristik fisik penyakit yang lebih tepat dan objektif. Deep learning merupakan sub bidang dari machine learning yang mengadaptasi jaringan syaraf tiruan dengan lapisan yang lebih banyak dibandingkan dengan jaringan syaraf tiruan biasa. Jaringan syaraf konvolusional (CNN) merupakan salah satu metode deep learning yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengenali sebuah objek pada sebuah citra digital. Adapun tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah mengimplementasikan model arsitektur ResNet, yang merupakan salah satu model arsitektur CNN, pada klasifikasi citra penyakit daun.

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi untuk 10 (sepuluh) kategori citra penyakit daun, yaitu keropeng apel, busuk hitam apel, busuk hitam anggur, esca anggur, hawar daun anggur, bercak kering kentang, hawar daun kentang, bercak bakteri tomat, bercak septoria tomat, dan bercak coklat tomat dengan total 5000 citra. Data citra diperoleh dari situs web Kaggle dan dijalankan serta dilatih pada Google Colaboratory dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Tahapan atau langkah pada penelitian ini adalah pengumpulan data, prapengolahan data, pembuatan model, pelatihan model, dan analisa hasil dan pengujian model.

Penelitian ini membandingkan 2 (dua) model arsitektur deep residual network (ResNet), yaitu ResNet-50 dan ResNet-101. Percobaan sebanyak 4 (empat) kali untuk masing-masing model dilakukan dengan parameter persentase jumlah data validasi (10% dan 20%) dan besar learning rate (0,001 dan 0,0001). Penelitian ini mendapatkan kesimpulan model ResNet-101 secara keseluruhan memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan ResNet-50 ketika dilakukan pengujian dengan data citra sebenarnya.

Kata Kunci: *Deep Learning, CNN, Deep Residual Network, Citra Penyakit Daun, Klasifikasi*

ABSTRACT

Detecting leaf diseases carried out by manual visualization is considered to have a high complexity. Digital image processing is one of the alternatives to overcome the problem of recognizing the physical characteristics of the disease more precisely and objectively. Deep learning is a sub-field of machine learning that adapts artificial neural networks with more layers than ordinary artificial neural networks. Convolutional neural network (CNN) is a method of deep learning that can be used to detect and recognize an object in a digital image. The purpose of this study is to implement the ResNet architecture model, which is one of the CNN architectures, to classify leaf disease images.

In this study, there are 10 categories of leaf disease images, namely apple scab, apple black rot, grape black rot, grape esca, grape leaf blight, potato early blight, potato late blight, tomato bacterial spot, tomato septoria spot, and tomato target spot with a total of 5000 images. Images were obtained from Kaggle and trained at Google Colaboratory using Python programming language. The steps in this study are collecting data, preprocessing data, building the model, training the model, and analysis and testing the model.

This study compares two ResNet models, which are ResNet-50 and ResNet-101. Four experiments for each model were carried out with percentage of validation data (10% and 20%) and learning rates (0,001 and 0,0001) as the parameters. This study concludes that ResNet-101 model has better performance compared to ResNet-50 when tested with actual image data.

Keywords: *Deep Learning, CNN, Deep Residual Network, Leaf Disease Images, Classification.*