

**ANALISIS PENERAPAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DALAM KLASIFIKASI JENIS PENYAKIT PADA TANAMAN (STUDI KASUS DAUN TOMAT)**

*Analysis of The Application of Convolutional Neural Network in Classification of Diseases in Plants (Case Study of Tomato Leaves)*

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma Empat Program Studi Teknik Informatika di Jurusan Teknik Komputer dan Informatika

Oleh :

**RIZKY ADAM PRANANDA**

**151524029**



**POLBAN**

**POLITEKNIK NEGERI BANDUNG**

**2020**

**ANALISIS PENERAPAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DALAM KLASIFIKASI JENIS PENYAKIT PADA TANAMAN (STUDI KASUS DAUN TOMAT)**

*Analysis of The Application of Convolutional Neural Network in Classification of Diseases in Plants (Case Study of Tomato Leaves)*

Oleh :

**RIZKY ADAM PRANANDA**  
151524029

Menyetujui

Tim Pembimbing

Bandung,            Oktober 2020

Pembimbing I



Ade Chandra Nugraha, S.Si., M.T.

NIP. 19731227 199903 1 003

Ketua Jurusan Teknik Komputer dan Informatika



Bambang Wicakadhi, S.Si., M.T.

NIP. 19720106 199303 1 002

**POLBAN**

**ANALISIS PENERAPAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DALAM KLASIFIKASI JENIS PENYAKIT  
PADA TANAMAN (STUDI KASUS DAUN TOMAT)**

*Analysis of The Application of Convolutional Neural Network in Classification of Diseases in Plants (Case Study of Tomato Leaves)*

**Oleh :**

**RIZKY ADAM PRANANDA**

**151524029**

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 14 September 2020

sesuai dengan ketentuan

Jurusan Teknik Komputer dan Informatika

Tim Penguji

Ketua : Ferry Feirizal, BSCS., M.Kom  
NIP. 19590521 199403 1 001



Anggota : Ghifari Munawar, S.T., M.T.  
NIP. 19860412201404 1 001



**POLBAN**

## PERNYATAAN PENULIS

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir dengan judul Analisis Penerapan *Convolutional Neural Network* Dalam Klasifikasi Jenis Penyakit Pada Tanaman (Studi Kasus Daun Tomat) adalah karya ilmiah yang bebas dari unsur tindakan plagiarism, dan sesuai dengan ketentuan tata tulis berlaku.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiarism, maka hasil penelitian tugas akhir ini akan dicabut dan bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dalam keadaan sadar sepenuhnya.

Bandung, September 2020



Rizky Adam Prananda  
NIM. 151524029

# POLBAN

**SURAT PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA TULIS ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Politeknik Negeri Bandung, yang bertandatangan di bawah ini saya:

Nama Penulis (1) / 2 / 3 : Rizky Adam Prananda  
NIM Penulis (1) / 2 / 3 : 151524029  
Jurusan / Program Studi : D4 - Teknik Komputer dan Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bandung, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir/skripsi/tesis saya yang berjudul (dalam Bahasa Indonesia saja kecuali Jurusan Bahasa Inggris):


Analisis Penerapan Convolutional Neural Network Dalam Klasifikasi  
Jenis Penyakit Pada Tanaman ( Studi Kasus Daun Tomat)

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Politeknik Negeri Bandung berhak menyimpan, mengalih media/memformat, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikan, dan menampilkan/mempublikasikan tugas akhir saya di internet/media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Bandung, segala bentuk tuntutan hukum yang diambil atas pelanggaran hak dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di\* : Bandung  
Pada tanggal : 12 Oktober 2020  
Yang menyatakan (Penulis (1) / 2 / 3)\*\*

  
( Rizky Adam Prananda )  
NIM. 151524029

Catatan / Keterangan:  
\*Nama Kota  
\*\*Lingkari salah satu

CD Karya Tulis menjadi milik dan koleksi UPT Perpustakaan, tidak dipinjamkan ataupun diperjualbelikan, apabila ada yang memerlukan, maka harus menghubungi penulis karya tulis yang bersangkutan.

## ANALISIS PENERAPAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI JENIS PENYAKIT PADA TANAMAN (STUDI KASUS DAUN TOMAT)

### ORIGINALITY REPORT

<b>9%</b>	<b>8%</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>repository.uinjkt.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>www.umb.no</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>towardsdatascience.com</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>id.123dok.com</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>openaccess.uoc.edu</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to The Scientific &amp; Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)</b> Student Paper	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositori.uin-alauddin.ac.id</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Korea National University of Transportation</b>	<b>&lt;1%</b>

POLBAN

## ABSTRAK

Sebagai negara yang agraris, Indonesia menjadikan sektor pertanian sebagai salah satu kekuatan ekonomi di Indonesia. Tomat adalah salah satu jenis tanaman dengan jumlah produksi terbanyak pertahunnya. Disamping itu, tomat termasuk tanaman yang mudah terinfeksi berbagai jenis penyakit, mulai dari penyakit yang disebabkan oleh bakteri, jamur, maupun virus. Jika dilihat dengan kasat mata, ciri yang timbul dari masing-masing jenis penyakit tidak dapat dibedakan secara akurat. Dengan bantuan penerapan *Convolutional Neural Network (CNN)* sebagai metode klasifikasi jenis penyakit, setiap jenis penyakit pada tanaman tomat akan lebih mudah dikenali secara akurat.

Pada penelitian ini akan membahas tentang penerapan *Convolutional Neural Network* sebagai metode klasifikasi jenis penyakit pada citra daun tomat. Tujuan dari penelitian ini untuk mencari model *CNN* yang optimal. Makna optimal dibagi menjadi dua kategori yaitu : model optimal berdasarkan nilai akurasi *metrics* dan model optimal berdasarkan hasil pengujian. Referensi untuk arsitektur *CNN* yang digunakan adalah *LeNet-5*.

Berdasarkan hasil eksperimen, untuk kategori model optimal berdasarkan nilai akurasi *metrics*. Menggunakan 1200 data sebagai dataset, model dengan konfigurasi 3 *hidden layer* dan 64 *neuron/filter* dapat memperoleh tingkat akurasi tertinggi sebesar 89,90%. Dan untuk kategori model optimal berdasarkan hasil pengujian. Menggunakan 300 data, model dengan konfigurasi 1 *hidden layer* dan 64 *neuron/filter* dapat memperoleh tingkat akurasi sampai dengan 80.00%. Proses *training* dilakukan sebanyak 20 iterasi dengan pembagian data latih dan data validasi sebesar 75% : 25%. Kemudian pengujian dilakukan terhadap *trained model* menggunakan 100 *image* data uji dari setiap jenis penyakit.

Kata Kunci : *convolutional neural network*, klasifikasi jenis penyakit daun tomat, *LeNet-5*

POLBAN

## ABSTRACT

*As an agricultural country, Indonesia has made the agricultural sector to be the one of economic strengths in Indonesia. Tomato is one type of plant with the highest production amount per year. In addition, tomatoes are a plant that is easily infected with various types of diseases, ranging from diseases caused by bacteria, fungi, and viruses. When seen with the naked eye, the characteristics arising from each type of disease cannot be distinguished accurately. With the help of the application of the Convolutional Neural Network (CNN) as a method of classification of disease types, each type of disease in tomato plants will be more accurately recognized.*

*This study will discuss the application of the Convolutional Neural Network as a method of classification of disease types in tomato leaf images. The purpose of this study is to find the optimal CNN model. The optimal meaning is divided into two categories, namely: the optimal model based on the metric accuracy value and the optimal model based on the test results. The reference for the CNN architecture used is LeNet-5.*

*Based on the experimental results, the optimal model category is based on the metrics accuracy value. Using 1200 data as a dataset, a model with a configuration of 3 hidden layers and 64 neurons / filters can obtain the highest accuracy rate of 89.90%. And for the optimal model category based on test results. Using 300 data, a model with a configuration of 1 hidden layer and 64 neurons / filters can obtain an accuracy rate of up to 80.00%. The training process was carried out in 20 iterations with the distribution of training data and validation data of 75%: 25%. Then testing is carried out on a trained model using 100 image test data of each type of disease.*

*Keywords : convolutional neural network, tomato leaf diseases classification, LeNet-5*

POLBAN



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir berjudul “Analisis Penerapan *Convolutional Neural Network* Dalam Klasifikasi Jenis Penyakit Pada Tanaman (Studi Kasus Daun Tomat)”.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat dan diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian program Diploma IV di Jurusan Teknik Komputer dan Informatika Politeknik Negeri Bandung. Penyelesaian laporan ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orangtua dan keluarga yang senantiasa selalu membantu, memberi motivasi dan semangat selama pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Bambang Wisnuadhi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Komputer dan Informatika Politeknik Negeri Bandung.
3. Ibu Santi Sundari, S.Si., M.T., selaku Ketua Prodi D-IV Jurusan Teknik Komputer dan Informatika Politeknik Negeri Bandung.
4. Bapak Ade Chandra Nugraha, S.Si.,M.T., selaku pembimbing yang selalu membantu, memberikan semangat dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
5. Bapak Ferry Feirizal, BSCS., M.Kom., dan bapak Ghifari Munawar, S.T., M.T. selaku penguji yang telah memberikan evaluasi dan masukan terkait penyelesaian laporan tugas akhir.
6. Bapak Djoko Cahyo Utomo Lieharyani, S.Kom., M.T. selaku salah satu koordinator tugas akhir yang selalu membantu dalam penyelesaian tugas akhir.
7. Rekan-rekan kelas 4-A D4 Jurusan Teknik Komputer dan Informatika Politeknik Negeri Bandung tahun 2015 yang senantiasa selalu memberikan dukungan

8. Seluruh pihak yang turut serta membantu dan memberikan doa selama pengerjaan tugas akhir.

Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Adapun kesalahan dan kekurangan pada laporan ini baik dari segi penulisan atau pengetahuan sepenuhnya kesalahan penulis. Oleh sebab itu, kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, September 2020

Rizky Adam Prananda

POLBAN

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
II.1 Karya Ilmiah Sebelumnya .....	3
II.2 Landasan Teori.....	6
II.2.1 Jenis Penyakit Pada Daun Tomat .....	6
II.2.2 <i>Machine Learning</i> .....	8
II.2.3 <i>Neural Network</i> .....	9
II.2.4 <i>Convolutional Neural Network</i> .....	10
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH .....	17
III.1 Jenis Penelitian.....	17
III.2 Variabel Penelitian.....	17
III.3 Objek Penelitian.....	18
III.4 Tahapan Penelitian.....	19
III.4.1 Studi Pustaka.....	20
III.4.2 <i>Analisis Problem Domain</i> .....	20
III.4.3 Analisis Solusi.....	21
III.4.4 Pengumpulan Data .....	22
III.4.5 Pemilahan Data .....	23

III.4.6 <i>Pre-Processing Data</i> .....	25
III.4.7 Pembuatan Program .....	25
III.4.8. Pembuatan Model CNN.....	27
III.4.9 Rancangan Eksperimen .....	27
III.4.9.1 Tujuan Eksperimen.....	28
III.4.9.2 Alat Eksperimen.....	28
III.4.9.3 Perlengkapan Eksperimen.....	28
III.4.9.4 Skenario Eksperimen.....	29
III.4.10 Eksperimen .....	31
III.4.10.1 <i>Training Model CNN</i> .....	31
III.4.10.2 <i>Testing Model CNN</i> .....	31
III.4.11 Analisis Hasil Eksperimen.....	32
<b>BAB IV ANALISIS DAN PENGEMBANGAN APLIKASI</b> .....	<b>33</b>
IV.1 Analisis <i>Problem Domain</i> .....	33
IV.1.1 Analisis Jenis Penyakit Pada Daun Tomat .....	33
IV.1.2 Analisis Penerapan <i>Convolutional Neural Network</i> .....	37
IV.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	50
IV.2.1 Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak .....	50
IV.2.2 Alur Proses Perangkat Lunak .....	51
IV.2.2.1 Alur Proses Membaca <i>Input File</i> dan Melakukan <i>Pre-Processing</i> ....	51
IV.2.2.2 Alur Proses <i>Training</i> dan <i>Testing Model CNN</i> .....	52
IV.2.3 Teknologi Penunjang Perangkat Lunak .....	52
IV.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	53
IV.3.1 Perancangan Struktur Data .....	53
IV.3.2 Perancangan Diagram Perangkat Lunak .....	54
IV.3.3 Perancangan Proses <i>Pre-Processing</i> .....	56
IV.3.4 Perancangan Proses <i>Splitting Data</i> .....	60
IV.3.5 Perancangan Proses Model CNN.....	61
IV.3.6 Perancangan Proses <i>Training</i> .....	62
IV.4 Implementasi .....	70
IV.4.1 <i>Libraries</i> yang Digunakan.....	70

IV.5 Pengujian.....	74
BAB V EKSPERIMEN, HASIL DAN PEMBAHASAN.....	78
V.1 Eksperimen .....	78
V.2 Hasil Eksperimen Kelompok 1 .....	80
V.2.1 Hasil Eksperimen Kelompok 1 Menggunakan Model Versi Pertama ...	80
V.2.2 Hasil Eksperimen Kelompok 1 Menggunakan Model Versi Kedua.....	81
V.2.3 Pembahasan Hasil Eksperimen Model Versi Pertama dan Kedua.....	82
V.3 Hasil Eksperimen Kelompok 2 .....	83
V.3.1 Hasil Eksperimen Kelompok 2 Menggunakan Model Versi Pertama ...	84
V.3.2 Hasil Eksperimen Kelompok 2 Menggunakan Model Versi Kedua.....	85
V.4 Hasil Eksperimen Kelompok 3 .....	85
V.4.1 Hasil Eksperimen Kelompok 3 Menggunakan Model Versi Pertama ...	86
V.4.2 Hasil Eksperimen Kelompok 3 Menggunakan Model Versi Kedua.....	87
V.5 Pembahasan Seluruh Hasil Eksperimen .....	88
V.5.1 Pengaruh Jumlah Dataset.....	88
V.5.2 Pengaruh Jumlah <i>Hidden Layer</i> .....	89
V.5.3 Pengaruh Jumlah <i>Neuron</i> Pada <i>Convolutional Layer</i> .....	90
V.5.4 Pengaruh Penggunaan <i>Input Image Original</i> dan <i>Resized</i> .....	90
V.5.5 Pengaruh Rasio Perbandingan Data Latih dan Data Validasi.....	91
V.5.6 <i>Drawback</i> atau <i>Defect</i> yang Ditemukan Selama Eksperimen .....	92
V.5.7 Hasil Pengujian Prediksi Ketiga Model CNN .....	95
V.5.8 Resume Keseluruhan Hasil Eksperimen.....	125
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	131
VI.1 Kesimpulan.....	131
VI.2 Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA.....	xv



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A – Hasil Pengujian Black Box Testing

Lampiran B – Hasil Pengujian Unit Testing

# POLBAN

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Karya ilmiah sebelumnya .....	3
Tabel II.2 <i>ANN training parameters</i> dari penelitian Yucel Inan.....	4
Tabel III.1 Rincian jumlah data daun tomat.....	23
Tabel III.2 Rincian jumlah data ketiga jenis penyakit.....	24
Tabel III.3 Rincingan pembagian data latih dan data validasi .....	24
Tabel III.4 Spesifikasi laptop .....	28
Tabel III.5 Spesifikasi <i>Personal Computer</i> atau <i>PC</i> .....	28
Tabel III.6 Rancangan skenario eksperimen .....	29
Tabel III.7 Skenario eksperimen dengan dataset berjumlah 300 .....	30
Tabel III.8 Skenario eksperimen dengan dataset berjumlah 600 .....	30
Tabel III.9 Skenario eksperimen dengan dataset berjumlah 1200 .....	31
Tabel IV.1 Nama penyakit dari masing-masing jenis penyakit .....	34
Tabel IV.2 Ciri-ciri yang disebabkan oleh virus .....	35
Tabel IV.3 Ukuran filter pada arsitektur <i>LeNet-5</i> .....	38
Tabel IV.4 Model arsitektur CNN ke-1 .....	39
Tabel IV.5 Model arsitektur <i>CNN</i> ke-2 .....	39
Tabel IV.6 Model arsitektur CNN ke-3 .....	39
Tabel IV.7 Kebutuhan fungsional perangkat lunak.....	50
Tabel IV.8 Aplikasi dan <i>library</i> penunjang perangkat lunak.....	52
Tabel IV.9 Struktur data perangkat lunak.....	53
Tabel IV.10 Modul penunjang perangkat lunak.....	53
Tabel IV.11 Logika proses dari <i>pre-processing</i> versi pertama .....	58
Tabel IV.12 Logika proses dari <i>pre-processing</i> versi kedua .....	59
Tabel IV.13 Logika proses dari <i>splitting data</i> .....	61
Tabel IV.14 Modul penunjang konfigurasi model CNN .....	62
Tabel IV.15 Logika proses <i>training</i> model ke-1 CNN versi pertama .....	63
Tabel IV.16 Logika proses <i>training</i> model ke-2 CNN versi pertama .....	64
Tabel IV.17 Logika proses <i>training</i> model ke-3 CNN versi pertama .....	65

Tabel IV.18 Logika proses <i>training</i> model ke-1 CNN versi kedua .....	66
Tabel IV.19 Logika proses <i>training</i> model ke-2 CNN versi kedua .....	67
Tabel IV.20 Logika proses <i>training</i> model ke-3 CNN versi kedua .....	68
Tabel IV.21 <i>Checklist requirement</i> sistem.....	70
Tabel IV.22 Seluruh <i>libraries</i> penunjang selama eksperimen .....	70
Tabel IV.23 Parameter dan fungsi dari setiap modul penunjang .....	72
Tabel IV.24 Skenario <i>unit testing</i> .....	74
Tabel IV.25 Skenario <i>blackbox testing</i> .....	76
Tabel V.1 Skenario eksperimen kelompok 1 .....	80
Tabel V.2 Hasil <i>training</i> model ke-1 versi pertama kelompok 1 .....	81
Tabel V.3 Hasil <i>training</i> model ke-2 versi pertama kelompok 1 .....	81
Tabel V.4 Hasil <i>training</i> model ke-3 versi pertama kelompok 1 .....	81
Tabel V.5 Hasil <i>training</i> model ke-1 versi kedua kelompok 1 .....	82
Tabel V.6 Hasil <i>training</i> model ke-2 versi kedua kelompok 1 .....	82
Tabel V.7 Hasil <i>training</i> model ke-3 versi kedua kelompok 1 .....	82
Tabel V.8 Skenario eksperimen kelompok 2 .....	83
Tabel V.9 Hasil <i>training</i> model ke-1 versi pertama kelompok 2.....	84
Tabel V.10 Hasil <i>training</i> model ke-2 versi pertama kelompok 2 .....	84
Tabel V.11 Hasil <i>training</i> model ke-3 versi pertama kelompok 2 .....	84
Tabel V.12 Hasil <i>training</i> model ke-1 versi kedua kelompok 2 .....	85
Tabel V.13 Hasil <i>training</i> model ke-2 versi kedua kelompok 2 .....	85
Tabel V.14 Hasil <i>training</i> model ke-3 versi kedua kelompok 2 .....	85
Tabel V.15 Skenario eksperimen kelompok 3 .....	86
Tabel V.16 Hasil <i>training</i> model ke-1 versi pertama kelompok 3 .....	86
Tabel V.17 Hasil <i>training</i> model ke-2 versi pertama kelompok 3 .....	86
Tabel V.18 Hasil <i>training</i> model ke-3 versi pertama kelompok 3 .....	87
Tabel V.19 Hasil <i>training</i> model ke-1 versi kedua kelompok 3 .....	87
Tabel V.20 Hasil <i>training</i> model ke-2 versi kedua kelompok 3 .....	87
Tabel V.21 Hasil <i>training</i> model ke-3 versi kedua kelompok 3 .....	88
Tabel V.22 Hasil eksperimen <i>input image original vs resized</i> .....	91
Tabel V.23 Hasil eksperimen menggunakan beberapa rasio pemilahan data.....	92



Tabel V.24 Model yang diuji menggunakan 300 dataset .....	97
Tabel V.25 Model yang diuji menggunakan 600 dataset .....	97
Tabel V.26 Model yang diuji menggunakan 1200 dataset .....	97
Tabel V.27 Keseluruhan hasil eksperimen .....	125
Tabel V.28 Tiga model terbaik berdasarkan nilai akurasi <i>metrics</i> .....	126
Tabel V.29 Model terbaik berdasarkan hasil pengujian .....	130



# POLBAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Daun yang terinfeksi bakteri <i>xanthomonas perforans</i> .....	6
Gambar II.2 Daun yang terinfeksi virus <i>mosaic virus</i> .....	7
Gambar II.3 Daun yang terinfeksi virus <i>yellow leaf curl virus</i> .....	7
Gambar II.4 Daun yang terinfeksi jamur <i>alternaria solani</i> .....	8
Gambar II.5 Struktur dendrit.....	9
Gambar II.6 Rangkaian <i>neural network</i> .....	10
Gambar II.7 Proses awal <i>convolution</i> .....	12
Gambar II.8 Proses akhir <i>convolution</i> .....	12
Gambar II.9 Proses <i>convolution</i> untuk <i>image RGB</i> .....	13
Gambar II.10 Proses <i>pooling</i> .....	14
Gambar II.11 Tipe <i>pooling</i> .....	15
Gambar II.12 Contoh <i>fully connected layer</i> .....	15
Gambar II.13 Model <i>Convolutional Neural Network</i> .....	16
Gambar III.1 Variabel penelitian.....	17
Gambar III.2 Metodologi penelitian .....	19
Gambar III.3 Ilustrasi pengumpulan data .....	23
Gambar III.4 Perbandingan <i>original</i> dan <i>resized input image</i> .....	25
Gambar III.5 Model <i>SDLC waterfall</i> .....	26
Gambar IV.1 Citra pada dataset daun yang terinfeksi <i>xanthomonas perforan</i> (1) 35	
Gambar IV.2 Citra pada dataset daun yang terinfeksi <i>xanthomonas perforan</i> (2) 35	
Gambar IV.3 Citra pada dataset daun yang terinfeksi <i>mosaic virus</i> .....	36
Gambar IV.4 Citra pada dataset daun yang terinfeksi <i>yellow leaf curl virus</i> .....	36
Gambar IV.5 Citra pada dataset daun yang terinfeksi <i>alternaria solani</i> (1).....	37
Gambar IV.6 Citra pada dataset daun yang terinfeksi <i>alternaria solani</i> (2).....	37
Gambar IV.7 Arsitektur <i>LeNet-5</i> .....	38
Gambar IV.8 Proses <i>convolution</i> .....	40
Gambar IV.9 Ilustrasi perhitungan <i>convolution</i> .....	41
Gambar IV.10 Proses <i>activation function</i> .....	42

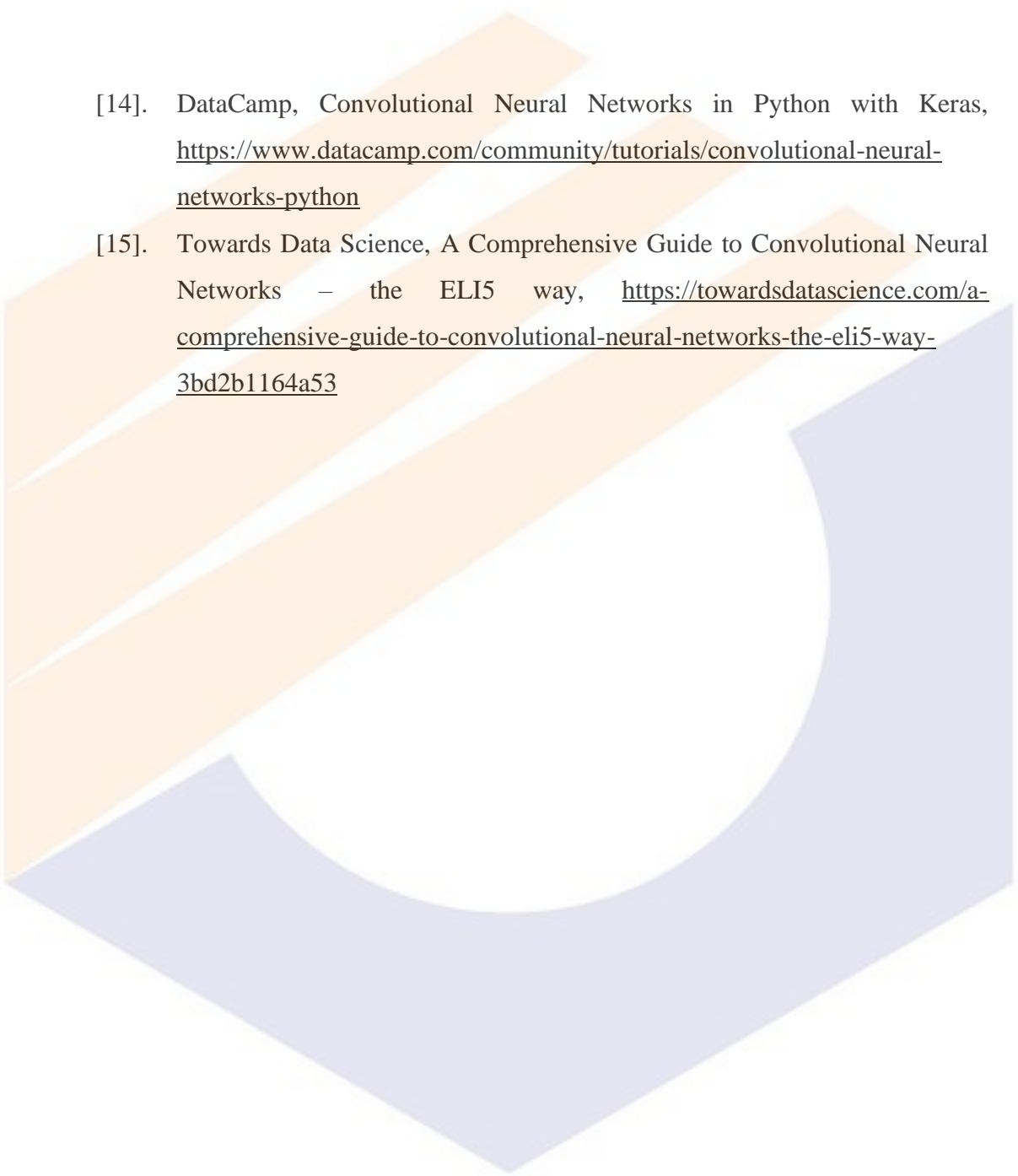
Gambar IV.11 Proses <i>max pooling</i> .....	43
Gambar IV.12 Proses transformasi <i>convolved feature</i> menjadi <i>vector</i> .....	44
Gambar IV.13 Ilustrasi input data berukuran 5 x 5 <i>pixel</i> .....	44
Gambar IV.14 Ilustrasi proses <i>convolution</i> pada <i>input</i> data .....	45
Gambar IV.15 Ilustrasi <i>convolved feature</i> dengan seluruh cell memiliki nilai.....	46
Gambar IV.16 Ilustrasi beberapa variasi <i>kernel</i> .....	47
Gambar IV.17 Ilustrasi <i>kernel</i> dengan bentuk matriks angka.....	47
Gambar IV.18 Ilustrasi <i>convolved feature</i> dalam bentuk <i>image</i> .....	48
Gambar IV.19 Ilustrasi proses <i>max pooling</i> .....	49
Gambar IV.20 Ilustrasi proses pada <i>fully connected layer</i> .....	50
Gambar IV.21 Garis besar proses <i>input file</i> s/d <i>pre-processing</i> .....	51
Gambar IV.22 Garis besar proses <i>training</i> dan <i>testing</i> model CNN.....	52
Gambar IV.23 <i>Class diagram</i> perangkat lunak klasifikasi .....	55
Gambar IV.24 <i>Sequence diagram</i> perangkat lunak klasifikasi .....	55
Gambar IV.25 <i>Deployment diagram</i> perangkat lunak klasifikasi .....	56
Gambar IV.26 Detil alur proses <i>pre-processing</i> .....	57
Gambar IV.27 Detil alur proses dari <i>training</i> dan <i>testing</i> model CNN.....	63
Gambar V.1 Model-3 tidak dapat mengklasifikasi jenis penyakit bakteri.....	94
Gambar V.2 Data uji kelompok bakteri.....	95
Gambar V.3 Data uji kelompok jamur.....	96
Gambar V.4 Data uji kelompok virus.....	96
Gambar V.5 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 3 dalam klasifikasi bakteri .....	98
Gambar V.6 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 3 dalam klasifikasi jamur .....	99
Gambar V.7 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 3 dalam klasifikasi virus .....	100
Gambar V.8 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 6 klasifikasi bakteri.....	101
Gambar V.9 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 6 klasifikasi jamur .....	102
Gambar V.10 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 6 klasifikasi virus.....	103
Gambar V.11 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 8 klasifikasi bakteri.....	104
Gambar V.12 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 8 klasifikasi jamur.....	105
Gambar V.13 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 8 klasifikasi virus.....	106
Gambar V.14 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 11 klasifikasi bakteri.....	107

Gambar V.15 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 11 klasifikasi jamur.....	108
Gambar V.16 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 11 klasifikasi virus.....	109
Gambar V.17 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 14 klasifikasi bakteri.....	110
Gambar V.18 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 14 klasifikasi jamur.....	111
Gambar V.19 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 15 klasifikasi virus.....	112
Gambar V.20 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 17 klasifikasi bakteri.....	113
Gambar V.21 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 17 klasifikasi jamur.....	114
Gambar V.22 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 18 klasifikasi virus.....	115
Gambar V.23 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 20 klasifikasi bakteri.....	116
Gambar V.24 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 20 klasifikasi jamur.....	117
Gambar V.25 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 20 klasifikasi virus.....	118
Gambar V.26 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 22 klasifikasi bakteri.....	119
Gambar V.27 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 22 klasifikasi jamur.....	120
Gambar V.28 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 22 klasifikasi virus.....	121
Gambar V.29 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 27 klasifikasi bakteri.....	122
Gambar V.30 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 27 klasifikasi jamur.....	123
Gambar V.31 Hasil pengujian <i>case</i> nomor 27 klasifikasi virus.....	124
Gambar V.32 Grafik akurasi model ke-3 dengan 16 <i>neuron/filter</i> .....	127
Gambar V.33 Grafik <i>loss</i> model ke-3 dengan 16 <i>neuron/filter</i> .....	127
Gambar V.34 Grafik akurasi model ke-1 dengan 16 <i>neuron/filter</i> .....	128
Gambar V.35 Grafik <i>loss</i> model ke-1 dengan 16 <i>neuron/filter</i> .....	128
Gambar V.36 Grafik akurasi model ke-3 dengan 64 <i>neuron/filter</i> .....	129
Gambar V.37 Grafik <i>loss</i> model ke-3 dengan 64 <i>neuron/filter</i> .....	129

POLBAN

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BPS, Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Indonesia, 2017
- [2]. Shafira, Tiara, IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS UNTUK KLASIFIKASI CITRA TOMAT MENGGUNAKAN KERAS, 2018
- [3]. NC State Extension, Bacterial Spot of Pepper and Tomato, <https://content.ces.ncsu.edu/bacterial-spot-of-pepper-and-tomato>
- [4]. Seminis, Viral Diseases in Fresh Market Tomatoes, <http://www.seminis-us.com/resources/agronomic-spotlights/viral-diseases-in-fresh-market-tomatoes/>
- [5]. Gleason, Mark L., Edmunds, Brooke A., Tomato diseases and disorders, 2006
- [6]. Stenroos, Olavi, Object detection from images using convolutional neural networks, 2017
- [7]. Inan, Yucel, LEAVES RECOGNITION SYSTEMS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK, 2015
- [8]. Wira G.P, Jan, Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning
- [9]. Shankar, Ravi dkk., A PRACTICAL GUIDE TO IDENTIFICATION AND CONTROL OF TOMATO DISEASES
- [10]. Ahmad, Abu, Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning
- [11]. Expert System, What is Machine Learning ? A definition, <https://expertsystem.com/machine-learning-definition/>
- [12]. Towards Data Science, Machine Learning | An Introduction, <https://towardsdatascience.com/machine-learning-an-introduction-23b84d51e6d0>
- [13]. Pathmind, A Beginner's Guide to Neural Networks and Deep Learning, <https://pathmind.com/wiki/neural-network>

- 
- [14]. DataCamp, Convolutional Neural Networks in Python with Keras, <https://www.datacamp.com/community/tutorials/convolutional-neural-networks-python>
- [15]. Towards Data Science, A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks – the ELI5 way, <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>

POLBAN