

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR *CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK* DALAM KLASIFIKASI
PENYAKIT DAUN KENTANG**



**MUHAMMAD HANNAN HUNafa
17102183**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFOMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO
2021**

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI PENYAKIT
DAUN KENTANG**

**COMPARISON OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
ARCHITECTURE IN CLASSIFICATION OF POTATO LEAF
DISEASE**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



MUHAMMAD HANNAN HUNafa
17102183

PROGRAM STUDI TEKNIK INFOMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO

2021

Lembar Persetujuan Pembimbing

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI
PENYAKIT DAUN KENTANG**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:
MUHAMMAD HANNAN HUNafa
17102183

Diajukan untuk dapat diselenggarakan Sidang Skripsi sebagai Syarat Kelulusan
Disetujui oleh Dosen Pembimbing pada tanggal 25 Agustus 2021

Pembimbing I

Pembimbing II

(Siti Khomsah, S.Kom., M.Cs.)
NIDN. 0517108101

(Atika Ratna Dewi, S. Si., M. Sc.)
NIDN. 0615128703

Lembar Pengesahan Pembimbing

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI
PENYAKIT DAUN KENTANG**

**COMPARISON OF CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK ARCHITECTURE IN CLASSIFICATION
OF POTATO LEAF DISEASE**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh

MUHAMMAD HANNAN HUNafa
17102183

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tugas Akhir
Pada Hari Rabu, 01 September 2021

Pembimbing I

Pembimbing II

(Siti Khomsah, S.Kom., M.Cs.)

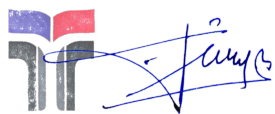
(Atika Ratna Dewi, S. Si., M. Sc.)

NIDN. 0517108101

NIDN. 0615128703

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 01 September 2021
Kaprodi,

Skripsi/Tugas Akhir ini sudah diujikan dan dinyatakan sah
tanpa tanda tangan pembimbing dan penguji.
Purwokerto,
Dekan Fakultas Informatika
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO



(Auliya Burhanuddin, S.Si., M.Kom.)
NIK. 19820008

Auliya Burhanuddin, S.Si., M. Kom
NIDN. 0630058202

Lembar Penetapan Penguji

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI
PENYAKIT DAUN KENTANG**

**COMPARISON OF CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK ARCHITECTURE IN CLASSIFICATION
OF POTATO LEAF DISEASE**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh

MUHAMMAD HANNAN HUNafa
17102183

**Tugas Akhir Telah Diuji dan Dinilai Panitia Penguji Program Studi S1
Informatika
Fakultas Informatika
Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Pada Tanggal : 01 September 2021**

Penguji I

**(Apri Junaidi, S.Kom., M.Kom., MCS.)
NIDN. 0407047403**

Penguji II

**(Agi Prasetiadi, S.T., M.Eng.)
NIDN. 0617098802**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : **Muhammad Hannan Hunafa**
NIM : **17102183**
Program Studi : **S1 Teknik Informatika**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul berikut:

PERBANDINGAN ARSITEKTUR CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN KENTANG

Dosen Pembimbing Utama : Siti Khomsah, S.Kom., M.Cs.
Dosen Pembimbing Pendamping : Atika Ratna Dewi, S.Si., M.Sc.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Institut Teknologi Telkom Purwokerto maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian Saya Sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim 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 Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
5. Pernyataan ini Saya buat dengan sesungguhnya, apabila dikemudian 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.

Purwokerto, 01 September 2021,
Yang Menyatakan,



(Muhammad Hannan Hunafa)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perbandingan Arsitektur *Convolutional Neural Network* dalam Klasifikasi Penyakit Daun Kentang”**.

Selama pelaksanaan penelitian dan juga penyusunan laporan tugas akhir ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan bimbingan. Dengan kerendahan hati, Dengan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Arfianto Fahmi, S.T., M.T., IPM selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
2. Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T. selaku Dekan Fakultas Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
3. Auliya Burhanuddin, S.Si., M.Kom. selaku Ketua Program Studi S1 Informatika.
4. Siti Khomsah, S.Kom., M.Cs. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir dan memberikan banyak ilmu hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Atika Ratna Dewi, S. Si., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir dan memberikan banyak ilmu hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Novanda Alim Setya Nugraha, S.S., M.Hum. selaku Dosen Wali yang telah memberikan dukungan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung dan memotivasi penulis hingga tugas akhir ini selesai.
8. Teman-teman mahasiswa seperjuangan di Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang selalu memberikan bantuan dan motivasi.
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala amal dan kebaikan pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis juga menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, namun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Purwokerto, 01 September 2021

Muhammad Hannan Hunafa

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Pembimbing	iii
Lembar Penetapan Penguji.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 Bercak Kering dan Hawar Daun Kentang	13
2.2.2 Image Classification	16

2.2.3	Pattern Recognition	16
2.2.4	Deep Learning	17
2.2.5	Confusion Matrix.....	23
2.2.6	Augmentasi Data	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Subyek dan Obyek Penelitian	27
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.2.1	Alat	27
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Proses Penelitian	28
3.3.1	Studi Pendahuluan.....	29
3.3.2	Akuisisi Data	29
3.3.3	Preprocessing.....	29
3.3.4	Training dan Klasifikasi menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i>	30
3.3.5	Analisis hasil dan Penarikan Kesimpulan	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Akuisisi Data	33
4.2	Preprocessing	36
4.3	Training dan Klasifikasi menggunakan Convolutional Neural Network..	37
4.3.1	Arsitektur 3x3-2.....	37
4.3.2	Arsitektur 3x3-3.....	44
4.3.3	Arsitektur 3x3-4.....	52
4.3.4	Arsitektur 5x5-2.....	59
4.3.5	Arsitektur 5x5-3.....	66

4.3.6	Arsitektur 5x5-4.....	73
4.3.7	Arsitektur 7x7-2.....	80
4.3.8	Arsitektur 7x7-3.....	87
4.3.9	Arsitektur 7x7-4.....	94
4.4	Analisis Hasil	101
4.4.1	Arsitektur yang Memiliki Akurasi dan F1-Score Terbaik.....	101
4.4.2	Pengaruh Ukuran <i>Convolution Layer</i> terhadap Akurasi dan F1-Score	102
4.4.3	Pengaruh Jumlah <i>Convolution Layer</i> terhadap akurasi dan f1-Score	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		105
5.1	Kesimpulan.....	105
5.2	Saran	105
DAFTAR PUSTAKA		106
LAMPIRAN		112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya	11
Tabel 3.1 Pembagian Dataset	30
Tabel 3.2 Arsitektur-Arsitektur CNN yang digunakan	30
Tabel 4.1 Hasil Training Arsitektur 3x3-2	39
Tabel 4.2 Hasil Training Arsitektur 3x3-3	46
Tabel 4.3 Hasil Training Arsitektur 3x3-4	54
Tabel 4.4 Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-2	61
Tabel 4.5 Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-3	68
Tabel 4.6 Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-4	75
Tabel 4.7 Hasil <i>Training</i> Arsitektur 7x7-2	82
Tabel 4.8 Hasil Training Arsitektur 7x7-3	89
Tabel 4.9 Hasil <i>Training</i> Arsitektur 7x7-4	96
Tabel 4.10 <i>Accuracy</i> dan F1-Score dari 9 Arsitektur	101
Tabel 4.11 Perbandingan Arsitektur dengan Jumlah <i>Convolution Layer</i> 2	102
Tabel 4.12 Perbandingan Arsitektur dengan Jumlah <i>Convolution Layer</i> 3	102
Tabel 4.13 Perbandingan Arsitektur dengan Jumlah <i>Convolution Layer</i> 4	103
Tabel 4.14 Perbandingan Arsitektur dengan Ukuran <i>Convolution Layer</i> 3x3	103
Tabel 4.15 Perbandingan Arsitektur dengan Ukuran <i>Convolution Layer</i> 5x5	104
Tabel 4.16 Perbandingan Arsitektur dengan Ukuran <i>Convolution Layer</i> 7x7	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produksi Kentang di Indonesia	1
Gambar 1.2 Konsumsi Kentang oleh Rumah Tangga di Indonesia	2
Gambar 2.1 Daun yang Terserang Penyakit Bercak Kering [4]	14
Gambar 2.2 Daun yang Terserang Penyakit Bercak Kering [22]	14
Gambar 2.3 Daun yang Terserang Penyakit Hawar [6]	15
Gambar 2.4 Dua Kategori Umum Pengenalan Pola [29]	17
Gambar 2.5 Gambaran Umum CNN	19
Gambar 2.6 Ilustrasi Proses <i>Convolution Layer</i>	20
Gambar 2.7 Ilustrasi Max Pooling	20
Gambar 2.8 Ilustrasi Flatten Layers	21
Gambar 2.9 Ilustrasi Fully Connected Layer	22
Gambar 2.10 Fungsi Aktivasi ReLu	22
Gambar 2.11 Metric pada Confusion Matrix [43]	23
Gambar 2.12 Contoh <i>rotation</i> pada <i>augmentation</i>	26
Gambar 2.13 Contoh Augmentasi Data	26
Gambar 3.1 Proses Penelitian	28
Gambar 4.1 Kelas-kelas pada PlantVillage Dataset	33
Gambar 4.2 Kelas dan Jumlah Data yang Diakuisisi	34
Gambar 4.3 Contoh Data Pada Kelas Early	34
Gambar 4.4 Contoh Data pada Kelas Healthy	35
Gambar 4.5 Contoh Data pada Kelas Late	35
Gambar 4.6 Hasil Pembagian <i>Dataset</i>	36
Gambar 4.7 Jumlah Data Setelah dilakukan Augmentasi	37
Gambar 4.8. Contoh Hasil Augmentasi	37
Gambar 4.9 Diagram Arsitektur 3x3-2	38
Gambar 4.10 <i>Summary</i> arsitektur 3x3-2	39
Gambar 4.11 Grafik Akurasi Hasil Training Arsitektur 3x3-2	41
Gambar 4.12 Grafik Loss Hasil Training Arsitektur 3x3-2	41
Gambar 4.13 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 3x3-2	43
Gambar 4.14 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 3x3-2	43

Gambar 4.15 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 3x3-2	44
Gambar 4.16 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 3x3-2	44
Gambar 4.17 Diagram Arsitektur 3x3-3	45
Gambar 4.18 <i>Summary</i> Arsitektur 3x3-3	46
Gambar 4.19 Grafik Akurasi Hasil <i>Training</i> Arsitektur 3x3-3.....	48
Gambar 4.20 Grafik <i>Loss</i> Hasil <i>Training</i> Arsitektur 3x3-3	48
Gambar 4.21 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 3x3-3	50
Gambar 4.22 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 3x3-3.....	50
Gambar 4.23 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 3x3-3	51
Gambar 4.24 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 3x3-3	51
Gambar 4.25 Diagram Arsitektur 3x3-4	53
Gambar 4.26 <i>Summary</i> Arsitektur 3x3-4.....	54
Gambar 4.27 Grafik Akurasi Hasil <i>Training</i> Arsitektur 3x3-4.....	56
Gambar 4.28 Grafik <i>Loss</i> Hasil <i>Training</i> Arsitektur 3x3-4	56
Gambar 4.29 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 3x3-4	58
Gambar 4.30 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 3x3-4.....	58
Gambar 4.31 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 3x3-4	59
Gambar 4.32 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 3x3-4	59
Gambar 4.33 Diagram Arsitektur 5x5-2	60
Gambar 4.34 <i>Summary</i> Arsitektur 5x5-2	61
Gambar 4.35 Grafik Akurasi Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-2.....	63
Gambar 4.36 Grafik <i>Loss</i> Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-2	63
Gambar 4.37 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 5x5-2	64
Gambar 4.38 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 5x5-2.....	65
Gambar 4.39 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 5x5-2	65
Gambar 4.40 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 5x5-2	66
Gambar 4.41 Diagram Arsitektur 5x5-3	67
Gambar 4.42 <i>Summary</i> Arsitektur 5x5-3	68
Gambar 4.43 Grafik Akurasi Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-3.....	70
Gambar 4.44 Grafik <i>Loss</i> Hasil <i>Training</i> Arsitektur 5x5-3	70
Gambar 4.45 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 5x5-3	71

Gambar 4.46 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 5x5-3.....	72
Gambar 4.47. <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 5x5-3	72
Gambar 4.48 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 5x5-3	73
Gambar 4.49 Diagram Arsitektur 5x5-4	74
Gambar 4.50 <i>Summary</i> Arsitektur 5x5-4	75
Gambar 4.51 Grafik Akurasi Hasil Training Arsitektur 5x5-4.....	77
Gambar 4.52 Grafik <i>Loss</i> Hasil Training Arsitektur 5x5-4	77
Gambar 4.53 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 5x5-4	78
Gambar 4.54 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 5x5-4.....	79
Gambar 4.55 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 5x5-4	79
Gambar 4.56 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 5x5-4.....	80
Gambar 4.57 Diagram Arsitektur 7x7-2	81
Gambar 4.58 <i>Summary</i> Diagram Arsitektur 7x7-2	82
Gambar 4.59 Grafik Akurasi Hasil Training Arsitektur 7x7-2.....	84
Gambar 4.60 Grafik <i>Loss</i> Hasil Training Arsitektur 7x7-2	84
Gambar 4.61 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 7x7-2	85
Gambar 4.62 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 7x7-2	86
Gambar 4.63 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 7x7-2	86
Gambar 4.64 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 7x7-2.....	87
Gambar 4.65 Diagram Arsitektur 7x7-3	88
Gambar 4.66 <i>Summary</i> Arsitektur 7x7-3	89
Gambar 4.67 Grafik Akurasi Hasil Training Arsitektur 7x7-3.....	91
Gambar 4.68 Grafik <i>Loss</i> Hasil Training 7x7-3.....	91
Gambar 4.69 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 7x7-3	92
Gambar 4.70 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 7x7-3.....	93
Gambar 4.71 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 7x7-3	93
Gambar 4.72 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 7x7-3	94
Gambar 4.73 Diagram Arsitektur 7x7-4	95
Gambar 4.74 <i>Summary</i> Arsitektur 7x7-4	96
Gambar 4.75 Grafik Akurasi Hasil Training Arsitektur 7x7-4.....	98
Gambar 4.76 Grafik <i>Loss</i> Hasil Training Arsitektur 7x7-4	98

Gambar 4.77 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Early</i> pada Arsitektur 7x7-4	99
Gambar 4.78 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Healthy</i> pada Arsitektur 7x7-4.....	100
Gambar 4.79 <i>Confusion Matrix</i> Kelas <i>Late</i> pada Arsitektur 7x7-4	100
Gambar 4.80 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur 7x7-4.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Source Code Akuisisi Data dan Preprocessing.....	112
Lampiran 2 Source Code Training CNN	114
Lampiran 3 Source Code Plotting Grafik Hasil Training	117