

**KLASIFIKASI MORFOLOGI KEPALA SPERMATOZOA
MANUSIA DENGAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL*
NEURAL NETWORK ARSITEKTUR MOBILENET**

SKRIPSI



Oleh :

DIMAS ARIF SETYAWAN

18081010093

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

Judul : **KLASIFIKASI MORFOLOGI KEPALA SPERMATOZOA
MANUSIA DENGAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK ARSITEKTUR MOBILENET**

Oleh : **DIMAS ARIF SETYAWAN**

NPM : **18081010093**

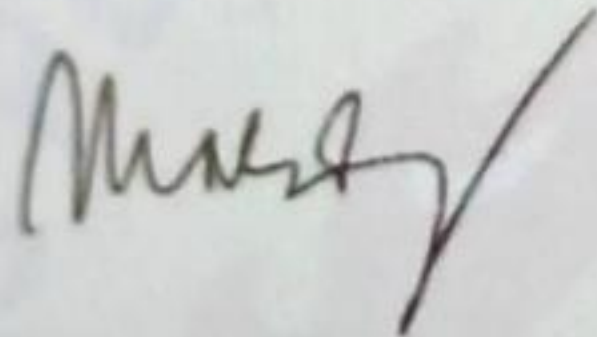
Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi Pada :

Senin, 20 Juli 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing

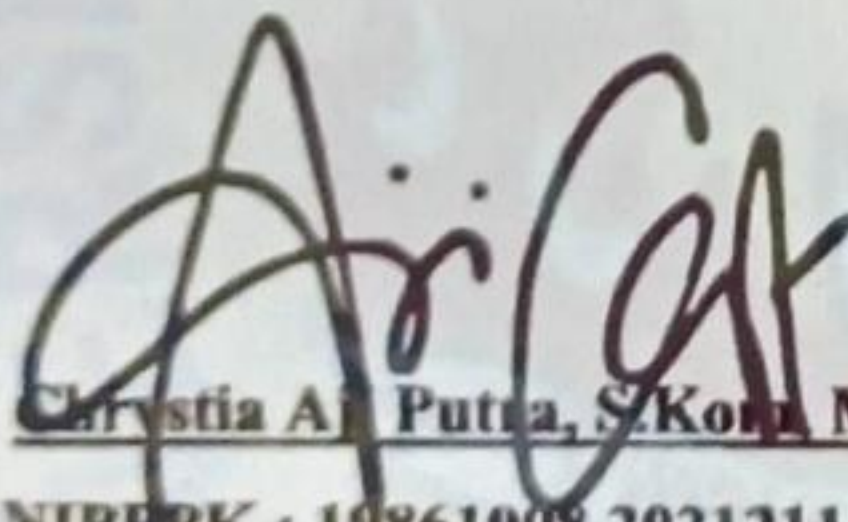
1.



Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.

NIPPPK : 19700619 2021211 009

2.

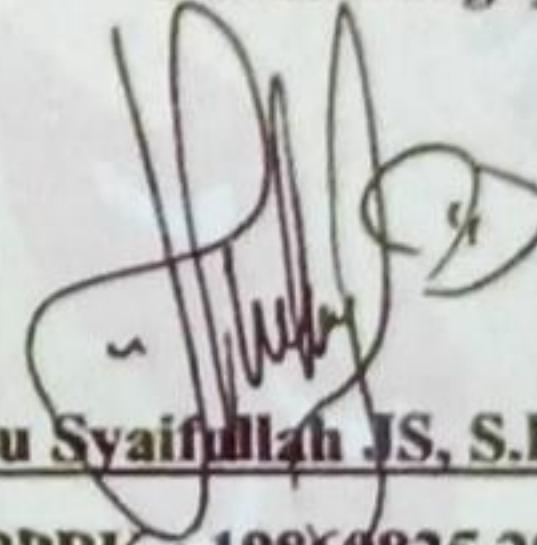


Christia A. Putra, S.Kom, M.T

NIPPPK : 19861008 2021211 001

Dosen Penguji

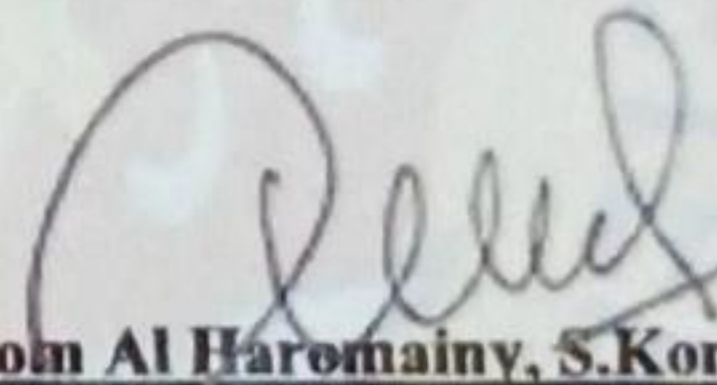
1.



Wahyu Syaifullah JS, S.Kom, M.Kom

NIPPPK : 19860825 2021211 003

2.



M. Muharrom Al Haromainy, S.Kom, M.Kom

NIPPPK : 19950601 2022031 006

Menyetujui

Dekan

Fakultas Ilmu Komputer

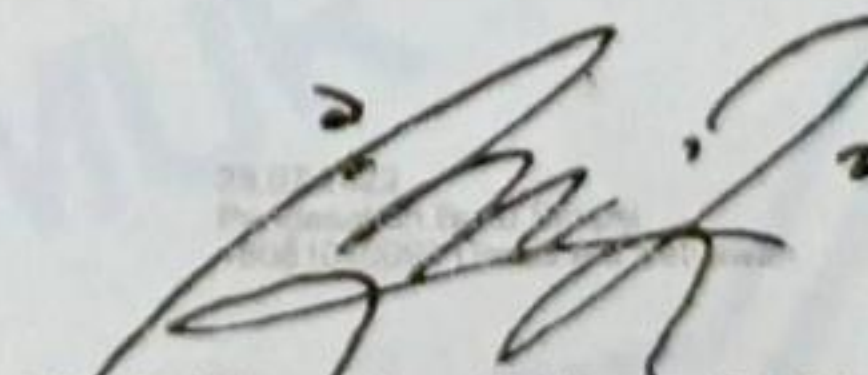


Dr. Ir. Ni Ketut Sari, MT

NIP : 19650731 1199203 2 001

Koordinator Program Studi

Informatika



Budi Nugroho, S.Kom, M.Kom

NIPPPK : 19800907 2021211 005

SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIAT

Saya, mahasiswa Program Studi Informatika UPN "Veteran" Jawa Timur,
yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dimas Arif Setyawan

NPM : 18081010093

Menyatakan bahwa judul skripsi yang saya ajukan dan kerjakan dengan
judul

"KLASIFIKASI MORFOLOGI KEPALA SPERMATOZOA MANUSIA DENGAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ARSITEKTUR MOBILENET"

Bukan merupakan plagiat dari skripsi/tugas akhir/ penelitian orang lain
dan juga bukan merupakan produk atau *software* yang saya beli dari pihak lain.
Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini adalah pekerjaan saya sendiri, kecuali
yang dinyatakan dalam daftar Pustaka dan tidak pernah diajukan untuk syarat
memperoleh gelar di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan
lain.

Jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar, maka
saya siap menerima segala konsekuensinya.

Surabaya, 20 Juli 2022

Hormat saya,



Dimas Arif Setyawan

NPM. 18081010093

**KLASIFIKASI MORFOLOGI KEPALA SPERMATOZOA
MANUSIA DENGAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL*
NEURAL NETWORK ARSITEKTUR MOBILENET**

Nama Mahasiswa : Dimas Arif Setyawan
NPM : 18081010093
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.
Chrystia Aji Putra, S.Kom, M.T

ABSTRAK

Infertilitas merupakan gejala kemandulan atau ketidaksuburan setelah pasangan yang cukup lama menikah namun istri tak kunjung menunjukkan tanda-tanda akan mendapatkan sebuah kehamilan. Infertilitas dapat terjadi pada perempuan maupun pria. Infertilitas pada pria disebabkan oleh kualitas spermatozoa yang tidak baik atau adanya kelainan pada spermatozoa. Dengan adanya teknologi *Computer-aided Sperm Analysis (CASA)* saat ini pemeriksaan kualitas spermatozoa pada pria dapat menggunakan teknologi kecerdasan buatan.

Dalam penelitian ini metode yang diimplementasikan dalam melakukan pengembangan pemeriksaan tersebut adalah *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur MobileNet yang merupakan jenis algoritma perkembangan dari algoritma jaringan syaraf tiruan dalam melakukan klasifikasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini sejumlah 3000 citra yang memiliki 3 kelas untuk diklasifikasi yaitu *Abnormal Sperm*, *Non Sperm*, dan *Normal Sperm*.

Performa model pembelajaran dari hasil pengujian pada penelitian terdapat pada arsitektur MobileNet dengan pendekatan *fine tuning* pada 7 layer terakhir. Model pembelajaran pada arsitektur tersebut dapat mencapai akurasi sebesar 88%.

Kata kunci: CNN, MobileNet, *Fine Tuning*, Morfologi Spermatozoa

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan keberkahan dan Kesehatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian skripsi ini dengan judul

**“KLASIFIKASI MORFOLOGI KEPALA SPERMATOZOA
MANUSIA DENGAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL*
NEURAL NETWORK ARSITEKTUR MOBILENET”**

Skripsi yang dibuat oleh penulis untuk memenuhi mata kuliah skripsi sebagai syarat untuk menyelesaikan Strata Satu (S1) dari Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Informatika di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis berharap dengan adanya penyusunan skripsi ini dapat menambah ilmu baru dan wawasan yang bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan penelitian skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis serta bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan sebaik mungkin. Dengan hormat, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak karena tanpa adanya dukungan dan bantuannya penulis tidak dapat menyelesaikan dengan sebaik ini. Atas ketidaksempurnaan dalam penulisan, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan pada laporan ini.

Surabaya, 20 Juli 2022

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan keberkahan dan Kesehatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian skripsi/tugas akhir ini dengan baik. terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak yang berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian skripsi/tugas akhir ini dengan secara khusus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan Kesehatan serta atas izin-Nya pula penulis mampu mengerjakan skripsi ini hingga selesai.
2. Kedua orang tua penulis, Ayah Mukhlisin dan Ibu Siti Rokhmah, yang telah memberikan dukungan secara finansial maupun non-finansial, doa, restu, dan motivasi sehingga membuat saya lebih kuat dan pantang menyerah dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Terima kasih kepada kakak saya yaitu Risky Indra K dan Selvy Ayu Fatma W, serta keponakan Deolinda Aqilla Qulubiha Kurniawan atas semangat, doa, motivasi, serta asupan gizi yang telah diberikan untuk menemani dalam penyusunan skripsi.
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Fauzi, M.MT. selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Sari, MT selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Bapak Budi Nugroho S.Kom, M.Kom selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
6. Bapak Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT. selaku dosen pembimbing satu yang dengan sabar membimbing, mengarahkan serta memberikan masukan sejak awal penelitian ini berlangsung hingga akhir.
7. Bapak Chrystia Aji Putra, S.Kom, M.T selaku dosen pembimbing dua yang telah sabar, serta ikhlas meluangkan waktu dalam memberikan

- bimbingan, motivasi dan arahan yang berharga kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini.
8. Bapak Wahyu Syaifullah JS, S.Kom, M.Kom selaku dosen penguji satu yang telah memberikan arahan, ilmu, saran, waktu, tenaga, dan pikiran dalam menyusun skripsi.
 9. Bapak Muhammad Muharrom Al Haromainy, S.Kom, M.Kom selaku dosen penguji dua yang telah memberikan arahan, ilmu, saran, waktu, tenaga, dan pikiran dalam menyusun skripsi.
 10. Seluruh Dosen UPN Veteran Jawa Timur terutama Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer atas segala ilmu, pengetahuan, dan pengalaman yang telah diberikan selama masa perkuliahan penulis. Semoga ilmu, pengetahuan, dan pengalaman yang telah diberikan menjadi bekal dan manfaat bagi penulis untuk berkarir dan masa depan.
 11. Seluruh teman-teman Program Studi Informatika UPN Veteran Jawa Timur angkatan 2018 yang telah berjuang bersama selama awal masa perkuliahan, menyelesaikan penyusunan skripsi, hingga wisuda.
 12. Muhammad Anwarul Fattach, Anindya Kusumaningrum A P selaku teman yang melakukan penelitian dengan topik yang sama dan membantu penulis dalam berdiskusi tentang skripsi serta meluangkan waktu untuk memberikan ide dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
 13. Yoga Maulana, M Ihwanul Iqbal, Fresya Chandra D, Fikri Fakhruddin, Rizqi Fajar Ramadhan, Moch Ervinda Yudistira, Moch Elfitriyanto, Habib Moch Arif, Muhammad Ilham Prasetyo yang telah menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan dan membantu penulis saat mengalami kesulitan.
 14. *Rifda Verina Anindita, who always provides support, motivation, enthusiasm, advice, assistance, time, and so on which are very helpful in achieving goals and becoming a better person.*
 15. *Last but not least, I wanna thank me who always learns to be grateful, willing to learn, managing time, fighting, and taking responsibility for all of the obstacles that are passed.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR KODE PROGRAM.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Spermatozoa	5
2.3 <i>Machine Learning</i>	8
2.4 <i>Deep Learning</i>	9
2.5 Pengolahan Citra	10
2.6 Citra Digital	10
2.7 Jaringan Syaraf Tiruan	11
2.8 <i>Convolutional Neural Network</i>	13

2.8.1	<i>Convolution Layer</i>	15
2.8.2	<i>Depthwise Separable Convolution</i>	16
2.8.3	<i>Padding dan Stride</i>	17
2.8.4	<i>Pooling Layer</i>	18
2.8.5	<i>Fully Connected Layer</i>	19
2.8.6	<i>Batch Normalization</i>	20
2.8.7	Fungsi Aktivasi.....	20
2.8.8	<i>Loss Function</i>	22
2.8.9	Optimization Function.....	24
2.9	<i>MobileNet</i>	25
2.10	<i>Imagenet</i>	25
2.11	<i>Transfer Learning</i>	26
BAB III METODOLOGI.....		28
3.1	Metodologi Penelitian.....	28
3.2	Studi Literatur.....	29
3.3	Pengumpulan Data.....	29
3.4	Pra proses Data.....	30
3.5	Augmentasi Data.....	31
3.6	Perancangan Algoritma CNN Arsitektur <i>MobileNet</i>	32
3.7	Pelatihan Model.....	34
3.8	Pengujian Model.....	36
3.9	Evaluasi Model.....	36
3.10	Skenario Pengujian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Implementasi Program.....	40
4.1.1	<i>Import Library</i>	40

4.1.2	Praproses Data.....	42
4.1.3	Augmentasi Data.....	44
4.1.4	Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i>	45
4.1.5	Pelatihan Model	59
4.1.6	Visualisasi Hasil Pelatihan.....	60
4.1.7	Pengujian Model	64
4.2	Evaluasi <i>Confusion Matrix</i>	65
4.2.1	Confusion Matrix MobileNet Transfer Learning.....	65
4.2.2	Confusion Matrix MobileNet Fine Tuning	67
4.2.3	Confusion Matrix Pelatihan Ulang MobileNet	69
4.3	Evaluasi Matriks Pengujian.....	72
4.3.1	Evaluasi Matriks MobileNet Transfer Learning	72
4.3.2	Evaluasi Matriks MobileNet Fine Tuning.....	72
4.3.3	Evaluasi Matriks Pelatihan Ulang MobileNet.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		74
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA		76
BIODATA PENULIS		80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengelompokan morfologi spermatozoa	7
Gambar 2. 2 Teknik Machine Learning	8
Gambar 2. 3 Perbedaan Machine Learning dan Deep Learning (Schubert, Badiou, dan Force 2019)	9
Gambar 2. 4 Koordinat citra digital.....	10
Gambar 2. 5 Model jaringan saraf	12
Gambar 2. 6 Arsitektur jaringan saraf tiruan	13
Gambar 2. 7 Arsitektur CNN.....	14
Gambar 2. 8 Proses convolution layer (Fachrurrozi 2021)	15
Gambar 2. 9 Ilustrasi depthwise separable convolution.....	16
Gambar 2. 10 Ilustrasi padding.....	17
Gambar 2. 11 Ilustrasi stride.....	18
Gambar 2. 12 Ilustrasi pooling (Jiang, Lu, dan Wang 2020)	19
Gambar 2. 13 Ilustrasi fully connected layer.....	19
Gambar 2. 14 Grafik fungsi aktivasi ReLU.....	21
Gambar 2. 15 Grafik fungsi aktivasi sigmoid.....	21
Gambar 2. 16 Arsitektur MobileNet.....	25
Gambar 3. 1 Tahapan penelitian.....	28
Gambar 3. 2 Sampel citra morfologi kepala spermatozoa manusia	30
Gambar 3. 3 Praproses Data	30
Gambar 3. 4 Proses augmentasi data	31
Gambar 3. 5 Arsitektur MobileNet.....	33
Gambar 3. 6 Ilustrasi arsitektur MobileNet yang telah dimodifikasi	33
Gambar 3. 7 Tahapan Pelatihan Model	34
Gambar 3. 8 Tahapan pengujian model.....	36
Gambar 3. 9 Evaluasi model.....	37
Gambar 4. 1 Pelatihan model	60
Gambar 4. 2 Visualisasi pelatihan MobileNet transfer learning	61
Gambar 4. 3 Visualisasi pelatihan MobileNet fine tuning	62
Gambar 4. 4 Visualisasi pelatihan ulang model MobileNet.....	63
Gambar 4. 5 Pengujian Model.....	65

Gambar 4. 6 Abnormal Sperm diprediksi Non Sperm	66
Gambar 4. 7 Abnormal Sperm diprediksi Normal Sperm	66
Gambar 4. 8 Non Sperm diprediksi Abnormal Sperm	66
Gambar 4. 9 Normal Sperm diprediksi Abnormal Sperm	66
Gambar 4. 10 Normal Sperm diprediksi Non Sperm	67
Gambar 4. 11 Kelas Abnormal Sperm diprediksi Non Sperm	67
Gambar 4. 12 Kelas Abnormal Sperm diprediksi Normal Sperm	68
Gambar 4. 13 Kelas Non Sperm diprediksi Abnormal Sperm	68
Gambar 4. 14 Kelas Non Sperm diprediksi Normal Sperm	68
Gambar 4. 15 Kelas Normal Sperm diprediksi Abnormal Sperm	69
Gambar 4. 16 Kelas Normal Sperm diprediksi Non Sperm	69
Gambar 4. 17 Kelas Abnormal Sperm diprediksi Non Sperm	70
Gambar 4. 18 Kelas Abnormal Sperm diprediksi Normal Sperm	70
Gambar 4. 19 Kelas Non Sperm diprediksi Abnormal Sperm	70
Gambar 4. 20 Kelas Non Sperm diprediksi Normal Sperm	71
Gambar 4. 21 Kelas Normal Sperm diprediksi Abnormal Sperm	71
Gambar 4. 22 Kelas Normal Sperm diprediksi Non Sperm	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel sebaran data	30
Tabel 3. 2 Inisialisasi parameter algoritma CNN	35
Tabel 3. 3 Confusion Matrix	37
Tabel 4. 1 Pre-Trained model MobileNet transfer learning	46
Tabel 4. 2 Pre-Trained model MobileNet fine tuning	51
Tabel 4. 3 Pelatihan Ulang Model MobileNet.....	55
Tabel 4. 4 Confusion Matrix MobileNet Transfer Learning	65
Tabel 4. 5 Confusion Matrix MobileNet Fine Tuning	67
Tabel 4. 6 Confusion matrix pelatihan ulang MobileNet	69
Tabel 4. 7 Evaluasi matriks MobileNet transfer learning.....	72
Tabel 4. 8 Evaluasi matriks MobileNet fine tuning	72
Tabel 4. 9 Evaluasi matriks pelatihan ulang MobileNet	73

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 4. 1 Import Library	41
Kode Program 4. 2 split data.....	43
Kode Program 4. 3 Praproses mengubah ukuran citra.....	44
Kode Program 4. 4 Augmentasi data	45
Kode Program 4. 5 Pre-Trained MobileNet transfer learning.....	45
Kode Program 4. 6 Pre-Trained MobileNet fine tuning 7 layer	50
Kode Program 4. 7 Pelatihan ulang arsitektur MobileNet.....	55
Kode Program 4. 8 Pelatihan model	59
Kode Program 4. 9 Visualisasi hasil pelatihan.....	61
Kode Program 4. 10 Pengujian model	64