

SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK BERBASIS *TRANSFER LEARNING* EFFICIENTNETB0 DENGAN INTEGRASI *WEB*

SKRIPSI

Oleh:

**LAMPITA E.R. HUTASOIT
NIM. 221113096
XAVIER WILLIAM KURNIAWAN
NIM. 221110776
STEVEN
NIM. 221112888**



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

A WEB-INTEGRATED CLASSIFICATION SYSTEM FOR ORGANIC AND INORGANIC WASTE BASED ON EFFICIENTNETB0 TRANSFER LEARNING

UNDERGRADUATE THESIS

By:

**LAMPITA E.R. HUTASOIT
ID NUMBER. 221113096
XAVIER WILLIAM KURNIAWAN
ID NUMBER. 221110776
STEVEN
ID NUMBER. 221112888**



**UNDERGRADUATE PROGRAM OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

LEMBARAN PENGESAHAN

**SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK DAN
ANORGANIK BERBASIS *TRANSFER LEARNING*
EFFICIENTNETB0DENGAN INTEGRASI *WEB***

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Studi S-1 Teknik Informatika

Oleh:

LAMPITA E.R. HUTASOIT
NIM. 221113096
XAVIER WILLIAM KURNIAWAN
NIM. 221110776
STEVEN
NIM. 221112888

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,


Ng Poi Wong, S.Kom., M.T.I.

Dosen Pembimbing II,


Sio Jurnal Pipin, S.Kom., M.Kom.

Medan, 14 Juli 2026
Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Informatika,


Charles Julhandy, S.Kom., M.Kom.

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Lampita E.R. Hutasoit
NIM : 221113096

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Transfer Learning EfficientNetB0 dengan Integrasi Web
Tempat Penelitian : -
Alamat Tempat Penelitian : -
No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 26 Juni 2026
Saya yang membuat pernyataan,



Lampita E.R. Hutasoit

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Xavier William Kurniawan
NTM : 221110776

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Transfer Learning EfficientNetB0 dengan Integrasi Web

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 26 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Xavier William Kurniawan

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Steven

NIM : 221112888

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Transfer Learning EfficientNetB0 dengan Integrasi Web
Tempat Penelitian : -
Alamat Tempat Penelitian : -
No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 26 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Steven

SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK BERBASIS *TRANSFER LEARNING* EFFICIENTNETB0 DENGAN INTEGRASI WEB

Abstrak

Pemilahan sampah organik dan anorganik masih banyak dilakukan secara manual, sehingga hasilnya subjektif dan berisiko menimbulkan kontaminasi silang yang menurunkan kualitas daur ulang. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi sampah menggunakan transfer learning dengan arsitektur EfficientNetB0 untuk mengenali sepuluh sub-kelas jenis sampah dan mengelompokkannya ke dalam kategori organik dan anorganik melalui aplikasi berbasis web. Model dilatih menggunakan 4.000 citra yang dibagi menjadi data latih sebanyak 2.800 citra (70%), data validasi sebanyak 600 citra (15%), dan data uji sebanyak 600 citra (15%). Pengujian pada 600 citra data uji menghasilkan akurasi sebesar 90,83%, precision 90,96%, recall 90,83%, dan F1-score 90,81%. F1-score tertinggi diperoleh pada jenis cardboard sebesar 97,48% dan paper sebesar 95,93%, sedangkan F1-score terendah diperoleh pada jenis glass sebesar 86,21% akibat kemiripan visualnya dengan metal. Sistem ini diintegrasikan pada aplikasi web yang memungkinkan pengguna mengunggah gambar sampah dan memperoleh informasi jenis, kategori, akurasi prediksi, riwayat, serta statistik klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transfer learning EfficientNetB0 mampu mengklasifikasikan sampah hingga tingkat sub-kelas dengan akurasi yang baik, sehingga dapat menjadi alternatif pendukung proses pemilahan sampah secara lebih objektif dan konsisten.

Kata kunci: klasifikasi sampah, transfer learning, EfficientNetB0, organik dan anorganik, sistem berbasis web

Abstract

Sorting organic and inorganic waste is still largely performed manually, resulting in subjective outcomes and a risk of cross-contamination that lowers recycling quality. This research develops a waste classification system using transfer learning with the EfficientNetB0 architecture to recognize ten waste sub-classes and group them into organic and inorganic categories through a web-based application. The model was trained on 4,000 images, divided into 2,800 training images (70%), 600 validation images (15%), and 600 testing images (15%). Testing on 600 images achieved an accuracy of 90.83%, a precision of 90.96%, a recall of 90.83%, and an F1-score of 90.81%. The highest F1-scores were 97.48% for cardboard and 95.93% for paper, while the lowest F1-score was 86.21% for glass, caused by its visual similarity to metal. The system is integrated into a web application that allows users to upload a waste image and obtain its type, category, prediction accuracy, history, and usage statistics. These results show that EfficientNetB0-based transfer learning can classify waste down to the sub-class level with good accuracy, making it a viable alternative to support a more objective and consistent waste sorting process.

Keywords: waste classification, transfer learning, EfficientNetB0, organic and inorganic, web-based system

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Berbasis *Transfer Learning* EfficientNetB0 dengan Integrasi Web”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan perkuliahan di Program Studi S-1 Teknik Informatika di Universitas Mikroskil Medan.

Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ng Poi Wong, S.Kom., M.T.I., selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Sio Jurnal Pipin, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Hardy, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Bapak Carles Juliandy, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Informatika Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Mikroskil Medan yang telah mendidik dan membagi ilmunya selama menempuh pendidikan di Universitas Mikroskil Medan.
7. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi pada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu memberikan kritik dan saran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna karena keterbatasan penulis baik dari segi ilmu maupun pengalaman. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar Tugas Akhir ini dapat lebih sempurna.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pembaca serta semua pihak yang membutuhkan.

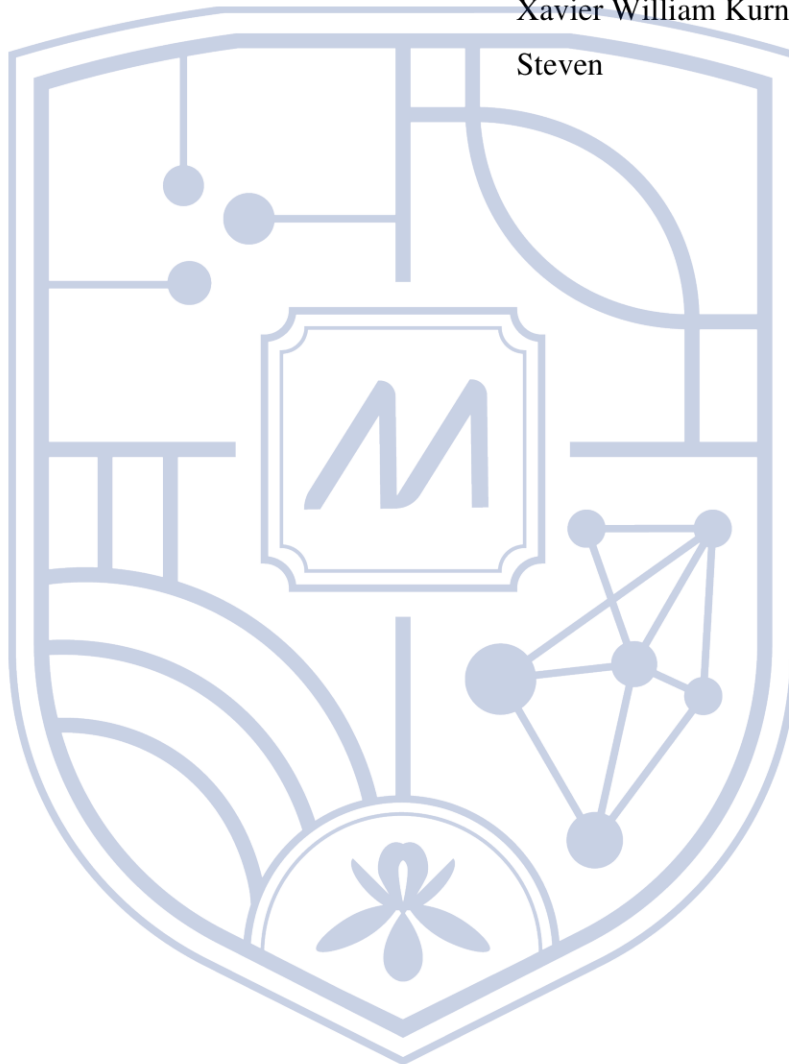
Medan, 26 Juni 2026

Penulis,

Lampita E.R. Hutasoit

Xavier William Kurniawan

Steven



DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	5
2.1 <i>Artificial Intelligence (AI)</i>	5
2.1.1 Machine Learning.....	5
2.1.2 Deep Learning	7
2.1.3 Transfer Learning	8
2.2 <i>Computer Vision</i>	9
2.2.1 CNN	9
2.2.2 EfficientNet.....	12
2.2.3 EfficientNetB0.....	14
2.3 <i>Image Preprocessing</i>	21
2.4 Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik	22
2.5 <i>Confusion Matrix</i>	23
2.6 Sistem Berbasis <i>Web</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tahapan Pelaksanaan.....	26
3.2 Analisis.....	29

3.2.1 Dataset	29
3.2.2 Analisis Proses.....	31
3.2.3 Analisis Kebutuhan Fungsional	56
3.2.4 Analisis Kebutuhan Non-Fungsional.....	60
3.3 Perancangan	61
3.3.1 Perancangan Arsitektur	61
3.3.2 Perancangan Tampilan	63
3.3.3 Perancangan Basis Data.....	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	71
4.1 Hasil	71
4.2 Pembahasan.....	75
4.2.1 Persiapan dan Preprocessing Dataset.....	75
4.2.2 Pelatihan Model EfficientNetB0.....	79
4.2.3 Confusion Matrix.....	84
4.2.4 Analisis Kesalahan Prediksi.....	89
4.2.5 Pengujian dengan Gambar di Luar Dataset.....	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
5.1 Kesimpulan.....	96
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	98
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) [4]	10
Gambar 2.2 Proses <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) [24].....	11
Gambar 2.3 Penskalaan Model EfficientNet [8].....	13
Gambar 2.4 EfficientNetB0 <i>Architecture</i> [10].....	15
Gambar 2.5 Average <i>Pooling</i> [24]	18
Gambar 2.6 <i>Softmax Schematic</i> [24].....	19
Gambar 3.1 Diagram Tahapan Pelaksanaan	26
Gambar 3.2 Struktur Folder Zip.....	29
Gambar 3.3 Contoh Citra <i>Dataset</i> per Sub-Kelas Sampah	30
Gambar 3.4 Diagram Proses Komputasi.....	31
Gambar 3.5 Tahapan <i>Preprocessing</i>	32
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Proses <i>Backbone</i> EfficientNetB0.....	38
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Proses <i>Custom Classification Head</i>	49
Gambar 3.8 <i>Use Case Diagram</i> Sistem Klasifikasi Sampah	57
Gambar 3.9 Rancangan Tampilan Halaman Beranda	63
Gambar 3.10 Rancangan Tampilan Hasil Klasifikasi	65
Gambar 3.11 Rancangan Tampilan Halaman Riwayat	66
Gambar 3.12 Rancangan Tampilan Halaman Statistik	68
Gambar 4.1 Tampilan Halaman Beranda Sistem <i>Web</i>	71
Gambar 4.2 Kartu Hasil Klasifikasi	72
Gambar 4.3 Tampilan Halaman Riwayat Klasifikasi	73
Gambar 4.4 Tampilan Halaman Statistik.....	74
Gambar 4.5 Tampilan Terang dan Gelap	75
Gambar 4.6 Hasil Augmentasi Data Pelatihan	78
Gambar 4.7 Kurva Riwayat <i>Training</i> EfficientNetB0	83
Gambar 4.8 Visualisasi <i>Confusion Matrix</i> Model pada Data Pengujian	84
Gambar 4.9 Gambar Salah Prediksi dan <i>Confidence Score</i>	89

Gambar 4.10 Pengujian Gambar di Luar <i>Dataset</i>	94
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Accuracy Metrics</i> [8].....	23
Tabel 3.1 Struktur Folder Tunggal	33
Tabel 3.2 Pembagian <i>Dataset</i>	34
Tabel 3.3 <i>Input Citra</i>	34
Tabel 3.4 Citra Hasil Normalisasi	36
Tabel 3.5 Augmentasi Data Pelatihan	36
Tabel 3.6 Citra Setelah diberi <i>Padding</i>	39
Tabel 3.7 <i>Kernel 1</i>	39
Tabel 3.8 <i>Kernel 2</i>	39
Tabel 3.9 <i>Feature Map 1</i>	41
Tabel 3.10 <i>Feature Map 2</i>	43
Tabel 3.11 FM1 Setelah <i>Batch Normalization</i>	45
Tabel 3.12 FM2 Setelah <i>Batch Normalization</i>	46
Tabel 3.13 FM1 Setelah <i>Swish Activation</i>	47
Tabel 3.14 FM2 Setelah <i>Swish Activation</i>	48
Tabel 3.15 Bobot W_2 dan Bias b_2 per Kelas	52
Tabel 3.16 Skenario <i>Use Case</i> : Klasifikasi Gambar Sampah	57
Tabel 3.17 Skenario <i>Use Case</i> : Mengakses Riwayat Klasifikasi	58
Tabel 3.18 Skenario <i>Use Case</i> : Memantau Statistik Sampah	59
Tabel 3.19 Skenario <i>Use Case</i> : Mengatur Preferensi Tampilan.....	60
Tabel 3.20 Analisis Kebutuhan Non-Fungsional.....	61
Tabel 3.21 Komponen Arsitektur Sistem	62
Tabel 3.22 Rancangan Tampilan Halaman Beranda.....	64
Tabel 3.23 Rancangan Tampilan Hasil Klasifikasi.....	65
Tabel 3.24 Keterangan Rancangan Tampilan Halaman Riwayat.....	67

Tabel 3.25 Keterangan Rancangan Tampilan Halaman Statistik	68
Tabel 3.26 Struktur Tabel Riwayat	69
Tabel 4.1 Perataan Struktur Folder	76
Tabel 4.2 Distribusi dan Pembagian <i>Dataset</i> per Sub-Kelas.....	76
Tabel 4.3 Arsitektur <i>Output Model</i>	80
Tabel 4.4 Log Pelatihan Lengkap per <i>Epoch</i>	80
Tabel 4.5 File <i>Output</i> yang Dihasilkan	83
Tabel 4.6 Komponen <i>Confusion Matrix</i> per Sub-Kelas.....	85
Tabel 4.7 Ringkasan Pola Kesalahan pada Data Pengujian.....	90
Tabel 4.8 Pengujian Gambar di Luar <i>Dataset</i>	94

