

**IMPLEMENTASI ENSEMBLE DEEP LEARNING
UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADA TANAMAN PADI**



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

Tugas Akhir

Richard Alvin Pratama

0000034813

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
FAKULTAS TEKNIK & INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2023

**IMPLEMENTASI ENSEMBLE DEEP LEARNING
UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADA TANAMAN PADI**



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Komputer

Richard Alvin Pratama

0000034813

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
FAKULTAS TEKNIK & INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2023**

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Richard Alvin Pratama

Nomor Induk Mahasiswa : 00000034813

Program studi : Teknik Komputer

Tugas Akhir dengan judul:

IMPLEMENTASI ENSEMBLE DEEP LEARNING UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADA TANAMAN PADI

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 7 Juni 2023



(Richard Alvin Pratama)

M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul
Implementasi Ensemble Deep Learning Untuk Klasifikasi Penyakit Pada
Tanaman Padi

Oleh

Nama : Richard Alvin Pratama
NIM : 00000034813
Program Studi : Teknik Komputer
Fakultas : Teknologi Informasi dan Komunikasi

Telah diujikan pada hari Rabu, 14 Juni 2023
Pukul 09.00 s.d 11.00 dan dinyatakan
LULUS

Dengan susunan pengujian sebagai berikut.

Ketua Sidang



Monica Pratiwi, S.ST., M.T
(0325059601)

Penguji



Samuel Hutagalung, M.T.I
(0304038902)

Pembimbing



Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T
(0321099301)

Ketua Program Studi Teknik Komputer



Samuel Hutagalung, M.T.I
(0304038902)

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas academica Universitas Multimedia Nusantara, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Richard Alvin Pratama
NIM : 00000034813
Program Studi : Teknik Komputer
Fakultas : Teknik & Informatika
Jenis Karya : *~~Tesis/Skripsi~~ **Tugas Akhir** (*coret salah satu)

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

Implementasi Ensemble Deep Learning Untuk Klasifikasi Penyakit Pada Tanaman Padi

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Multimedia Nusantara berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, 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.

Tangerang, 7 Juni 2023

Yang menyatakan,



(Richard Alvin Pratama)

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas berkat dan Rahmat kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas selesainya pembuatan Tugas Akhir dengan judul: “Implementasi Ensemble Deep Learning Untuk Klasifikasi Penyakit Pada Tanaman Padi”. Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat untuk lulus dari jurusan teknik Komputer pada Fakultas Teknik & Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak untuk pembuatan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ninok Leksono, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
3. Samuel, M.T.I., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T., sebagai Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Keluarga dan teman saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Serta pihak lainnya yang telah berkontribusi dalam penelitian yang dilaksanakan.

Semoga karya ilmiah dalam bentuk Tugas Akhir ini dapat bermanfaat, baik sebagai sumber referensi maupun sumber inspirasi.

Tangerang, 7 Juni 2023



(Richard Alvin Pratama)

IMPLEMENTASI ENSEMBLE DEEP LEARNING

UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADA TANAMAN PADI

Richard Alvin Pratama

ABSTRAK

Padi adalah salah satu komoditas pangan yang penting untuk dunia terutama negara-negara Asia. Hal tersebut dapat terlihat pada statistik konsumsi beras di dunia, lima negara Asia menempati urutan teratas dengan Indonesia di posisi kelima. Namun, tidak dapat dipungkiri, banyak penyakit yang dapat menyerang tanaman padi melalui berbagai faktor seperti cuaca, kebersihan tanah, dan serangan hama. Sehingga dapat menurunkan produksi tanaman padi, bahkan untuk salah satu penyakit padi yaitu Rice Blast menjadi penyebab turunnya produksi padi sebesar 10-30%. Penyakit tanaman padi sendiri diperkirakan berjumlah 19 penyakit, tetapi pada penelitian ini hanya menggunakan 9 jenis penyakit pada dataset yang diambil dari India bagian selatan. Pengambilan 9 jenis penyakit ini juga didasari kesamaan iklim antara India bagian selatan dan Indonesia dengan penyakit padi yang sama. Dengan banyaknya jenis penyakit pada tanaman padi, menyulitkan petani untuk mengidentifikasi jenis penyakit padi secara tepat. Sehingga diperlukan suatu sistem yang mampu mengidentifikasi penyakit pada tanaman padi secara cepat dan akurat. *Deep learning* dan *ensemble learning* merupakan metode yang mampu untuk mempelajari karakteristik dari penyakit tanaman padi dan mampu melakukan proses klasifikasi yang cepat dan akurat. Pada penelitian ini, akan menggunakan dua *pre-trained* model yaitu EfficientNetV2B0 dan MobileNetV3-Large dan dua metode *ensemble* yaitu *average ensemble* dan *concatenation ensemble*. Untuk mengatasi dataset yang *imbalance*, penelitian ini menggunakan metode *undersampling* dan *oversampling*. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh ukuran gambar, penelitian ini juga akan menguji dua ukuran gambar berbeda yaitu 224x224 *pixel* dan 256x256 *pixel*. Supaya dapat langsung diimplementasikan oleh petani, penulis juga akan mendesain sistem *progressive web app*. Hasil yang didapat adalah model *average ensemble* (*oversampling* – 256 px) memiliki akurasi tertinggi sebesar 93.3%. Untuk waktu prediksi tercepat ketika diimplementasi pada sistem *progressive web app*, didapatkan oleh MobileNetV3Large (*oversampling* – 224 px) dengan waktu 208 milidetik. Akurasi yang didapat dipengaruhi oleh penggunaan model, teknik *balancing* dataset, dan ukuran gambar yang berbeda. Sedangkan waktu prediksi dipengaruhi oleh model dan ukuran gambar.

Kata kunci: Klasifikasi, Penyakit Padi, *Deep Learning*, *Ensemble Learning*

IMPLEMENTASI ENSEMBLE DEEP LEARNING

UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADA TANAMAN PADI

Richard Alvin Pratama

ABSTRACT

Rice is one of the important food commodities in the world, especially in Asian countries. This can be seen in the statistics of rice consumption worldwide, where five Asian countries rank at the top, with Indonesia in fifth place. However, it cannot be denied that rice plants can be susceptible to various diseases caused by factors such as weather, soil cleanliness, and pest attacks. These factors can reduce rice production, with Rice Blast being one of the diseases that can cause a 10-30% decrease in rice production. There are estimated to be 19 diseases that affect rice plants, but this study focuses on 9 types of diseases in a dataset taken from southern India. The selection of these 9 diseases is based on the similarity of climate conditions between southern India and Indonesia, which experience similar rice diseases. With the existence of multiple diseases affecting rice plants, it becomes challenging for farmers to accurately identify the specific diseases. Therefore, a system that can quickly and accurately identify rice plant diseases is needed. Deep learning and ensemble learning are methods capable of learning the characteristics of rice plant diseases and performing fast and accurate classification. In this study, two pre-trained models, EfficientNetV2B0 and MobileNetV3-Large, as well as two ensemble methods, average ensemble and concatenation ensemble, will be used. To address the imbalanced dataset, undersampling and oversampling techniques are employed. Additionally, to determine the impact of image size, two different image sizes, 224x224 pixels and 256x256 pixels, will be tested. To ensure practical implementation for farmers, the author will design a progressive web app system. The results show that the average ensemble model (oversampling - 256 px) achieves the highest accuracy of 93.3%. The fastest prediction time, when implemented in the progressive web app system, is achieved by MobileNetV3Large (oversampling - 224 px) with a time of 208 milliseconds. The accuracy is influenced by the model used, dataset balancing techniques, and different image sizes. Meanwhile, the prediction time is affected by the model and image size.

Keywords: Classification, Paddy Disease, Deep Learning, Ensemble Learning

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Batasan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Tinjauan Teori	17
2.2.1. Deep Learning	17
2.2.2. Convolutional Neural Network (CNN)	18
2.2.3. MobileNetV3	19
2.2.4. EfficientNetV2B0	20
2.2.5. Ensemble Learning	21
2.2.6. Balanced dan Imbalanced Dataset	22
2.2.7. Augmentasi Data	24
2.2.8. FastAPI	24

2.2.9.	NuxtJs	24
2.2.10.	Progressive Web App (PWA).....	25
2.2.11.	Karakteristik Penyakit Tanaman Padi.....	25
2.3	Summary.....	29
BAB III	ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	31
3.1	Metode Penelitian	31
3.2.	Studi Literatur.....	31
3.3.	Perancangan Modul.....	32
3.3.1	Pengumpulan dan Preprocess Dataset	33
3.3.2	Perancangan Sistem Klasifikasi	36
3.3.3	Evaluasi Metrik pada Model	43
3.4.	Perancangan Aplikasi.....	44
3.4.1	Perancangan Backend Sistem PWA	44
3.4.2	Perancangan Tampilan Sistem PWA.....	45
3.4.3	Proses Deploy Aplikasi.....	47
3.4.4	Analisa Kecepatan Rata-Rata Prediksi	47
BAB IV	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM	49
4.1	Spesifikasi Sistem.....	49
4.1.1	Spesifikasi Hardware Laptop Penulis	49
4.1.2	Spesifikasi Hardware Google Colaboratory Pro	49
4.2	Implementasi Sistem.....	50
4.2.1	Proses Pengolahan Dataset.....	50
4.2.2	Proses Klasifikasi	53
4.3	Hasil dan Analisis Training Model.....	59
4.3.1	Performa Training Model Pada Dataset - UnderSampling	59
4.3.2	Performa Training Model Pada Dataset - OverSampling	62
4.4.	Hasil Classification Report Testing Model	65
4.4.1	Hasil Classification Report Model Pada Dataset - <i>UnderSampling</i>	65
4.4.2	Hasil Classification Report Model Pada Dataset - <i>OverSampling</i>	66
4.4.3	Rangkuman Model Terbaik Berdasarkan <i>Classification Report</i>	68
4.5.	Analisa Confusion Matrix Terhadap Karakteristik Kelas.....	69
4.6.	Hasil dan Analisis Kecepatan Prediksi Model pada Sistem PWA	76

4.6.1	Hasil dan Analisa Kecepatan Prediksi Model - UnderSampling	77
4.6.2	Hasil dan Analisa Kecepatan Prediksi Model - OverSampling	78
4.6.3	Analisa Hubungan Waktu Prediksi dan Ukuran File Model.....	79
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	83
5.1	Simpulan	83
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	A



DAFTAR TABEL

Table 1. Rangkuman Poin Acuan Penulis pada Penelitian Terdahulu	15
Table 2. Karakteristik Penyakit Tanaman Padi	26
Table 3. Penggunaan Hyperparameter	41
Table 4. Penggunaan Parameter EarlyStopping	43
Table 5. Validasi Akurasi & Loss Terbaik - UnderSampling	61
Table 6. Validasi Akurasi & Loss Terbaik - OverSampling	64
Table 7. Hasil Classification Report Model – Dataset Teknik UnderSampling ...	65
Table 8. Hasil Classification Report Model - Dataset Teknik OverSampling	67
Table 9. Hasil Tiga Kombinasi Model Terbaik.....	68
Table 10. TP Terburuk Pada Semua Percobaan Model	72
Table 11. TP Terbaik Pada Semua Percobaan Model.....	75
Table 12. Kecepatan Prediksi Model UnderSampling.....	77
Table 13. Kecepatan Prediksi Model OverSampling.....	78

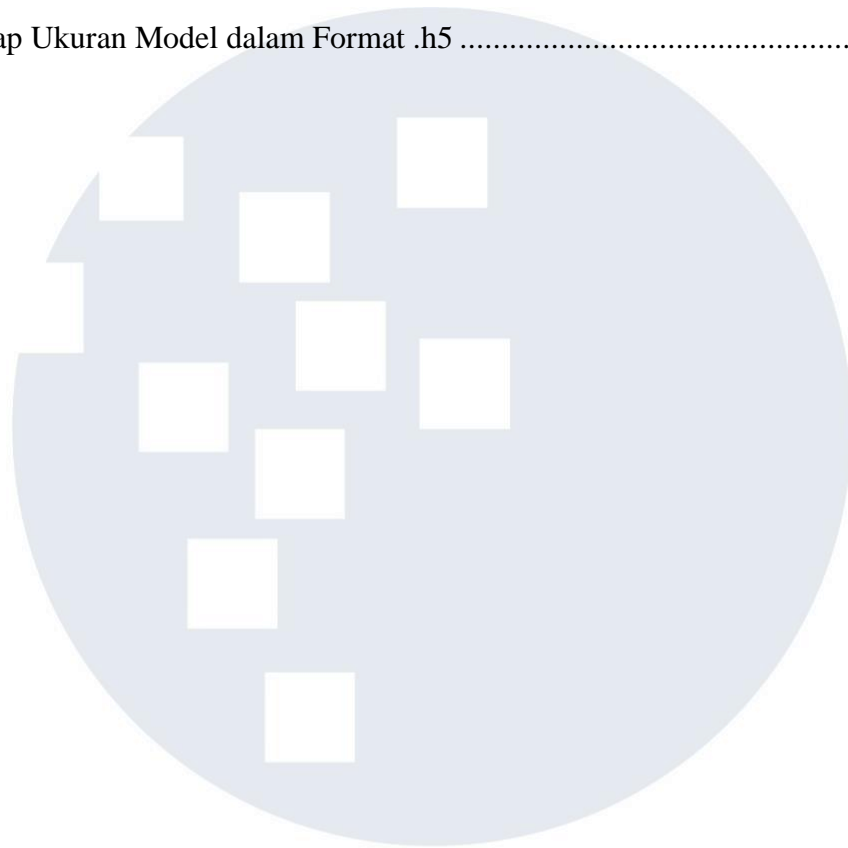


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Arsitektur CNN [18].....	18
Gambar 2.2 Hasil Modifikasi Model dari MobileNetV2 ke MobileNetV3 [10]...	20
Gambar 2.3 Compund Scaling pada EfficientNet [21].....	20
Gambar 2.4 Diagram state of the art.....	30
Gambar 3.1. Metode atau Alur Penelitian	31
Gambar 3.2 Alur Perancangan Modul	32
Gambar 3.3 Pengolahan Dataset; (a) UnderSampling (b) OverSampling	34
Gambar 3.4 Arsitektur MobileNetV3-Large	37
Gambar 3.5 Arsitektur EfficientNetV2B0	37
Gambar 3.6 Skema Penggunaan Average Ensemble.....	38
Gambar 3.7 Skema Penggunaan Concatenation Ensemble.....	39
Gambar 3.8 Penyesuaian Layer	40
Gambar 3.9 Alur Perancangan Sistem Backend.....	45
Gambar 3.10 Alur Perancangan Sistem PWA.....	46
Gambar 3.11 Perancangan Sistem User Interface Sistem PWA	46
Gambar 4.1 Potongan Kode Konfigurasi Augmentasi	50
Gambar 4.2 Contoh Hasil Augmentasi Padi	51
Gambar 4.3 Potongan Kode Augmentasi Kelas Padi	52
Gambar 4.4 Potongan Kode Pemisahan Dataset Latih dan Uji.....	53
Gambar 4.5 Potongan Kode Penyesuaian Layer dan Hyperparameter.....	53
Gambar 4.6 Potongan Kode Pembagian Data Latih dan Validasi.....	54
Gambar 4.7 Potongan Kode Training Model	54
Gambar 4.8 Potongan Kode Inisialisasi Average Ensemble.....	55
Gambar 4.9 Potongan Kode Inisialisasi Concatenation Ensemble.....	56
Gambar 4.10 Struktur Folder Backend	57
Gambar 4.11 Tampilan User Interface PWA Paddyist.....	58
Gambar 4.12 Grafik Train & Loss - UnderSampling (224px); (a) EfficientNetV2B0 (b) MobileNetV3-Large (c) Concatenation (d) Average	59

Gambar 4.13 Grafik Train & Loss – UnderSampling (256px); (a) EfficientNetV2B0 (b) MobileNetV3Large (c) Concatenation (d) Average	59
Gambar 4.14 Grafik Train & Loss – OverSampling (224px); (a) EfficientNetV2B0 (b) MobileNetV3-Large (c) Concatenation (d) Average	62
Gambar 4.15 Grafik Train & Loss – OverSampling (224px); (a) EfficientNetV2B0 (b) MobileNetV3-Large (c) Concatenation (d) Average	62
Gambar 4.16 Confusion Matrix EfficientNetV2B0 UnderSampling; (kiri) 224 (kanan) 256.....	69
Gambar 4.17 Confusion Matrix MobileNetV3Large UnderSampling; (kiri) 224 (kanan) 256.....	69
Gambar 4.18 Confusion Matrix Concatenation UnderSampling; (kiri) 224 (kanan) 256	70
Gambar 4.19 Confusion Matrix Average UnderSampling; (kiri) 224 (kanan) 256	70
Gambar 4.20 Confusion Matrix EfficientNetV2B0 OverSampling; (kiri) 224 (kanan) 256.....	70
Gambar 4.21 Confusion Matrix MobileNetV3Large OverSampling; (kiri) 224 (kanan) 256.....	71
Gambar 4.22 Confusion Matrix Concatenation OverSampling; (kiri) 224 (kanan) 256	71
Gambar 4.23 Confusion Matrix Average OverSampling; (kiri) 224 (kanan) 256 71	
Gambar 4.24 Analisa Gambar Padi dengan TP Terburuk - UnderSampling.....	73
Gambar 4.25 Analisa Gambar Padi dengan TP Terburuk - OverSampling.....	74
Gambar 4.26 Analisa Gambar Padi dengan TP Terbaik.....	76
Gambar 4.27 Cara Melihat Waktu Prediksi pada PWA – Network Waterfall.....	77
Gambar 4.28 Ukuran File Model-Model Latih Penelitian	79
Gambar 4.29 Grafik Korelasi antara Kecepatan Rata-Rata Prediksi Model Parameter Teknik Balancing terhadap Ukuran Model dalam Format .h5	80
Gambar 4.30 Grafik Korelasi antara Kecepatan Rata-Rata Prediksi Model Parameter Ukuran Gambar terhadap Ukuran Model dalam Format .h5	81

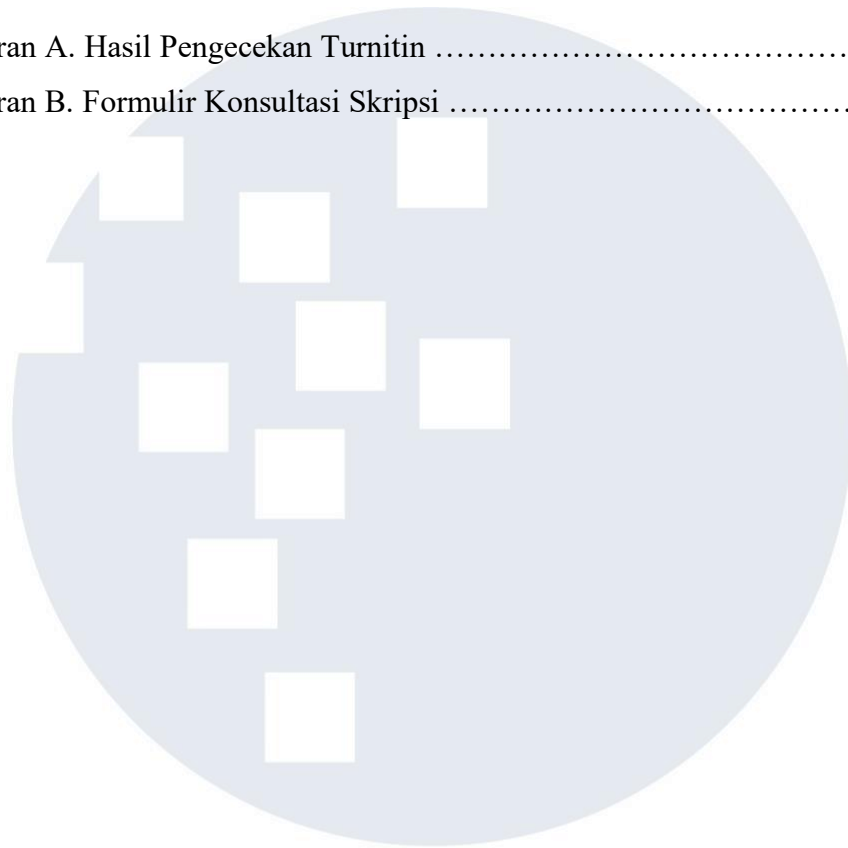
Gambar 4.31 Grafik Korelasi antara Kecepatan Rata-Rata Prediksi Model terhadap Ukuran Model dalam Format .h5 81



UMMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Pengecekan Turnitin	A
Lampiran B. Formulir Konsultasi Skripsi	C



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA