Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0

TUGAS AKHIR
SKRIPSI

Muhammad Rifky Untara
41822110052

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS MERCU BUANA JAKARTA

lib.mercubuana.ac.id

Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0

TUGAS AKHIR
SKRIPSI

Muhammad Rifky Untara
41822110052

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk diseminarkan pada sidang skripsi

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS MERCU BUANA JAKARTA
2025

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rifky Untara

NIM : 41822110052

Program Studi : Ilmu Komputer/Sistem Informasi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

"Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0"

adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 16 Agustus 2026



Muhammad Rifky Untara

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
AKREDITASI UNGGUL

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK
/SIMILARITY CHECK STATEMENT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh
/The undersigned, hereby declare that the scientific work written by

Nama /Name	: Muhammad Rifky Untara
NIM /Student ID Number	: 41822110052
Program Studi /Study Program	: Sistem Informasi

Dengan Judul Tugas Akhir
/The title:

"Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0 "

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal:
/Similarity checks have been carried out with the Turnitin system on the date:

13 Juli 2026

dengan nilai persentase sebesar :
/with a percentage value of:

9%

dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan berlaku di **Fakultas Ilmu Komputer** Universitas Mercu Buana. */declared to meet standards in accordance with applicable regulations at the Faculty of Computer Science, Universitas Mercu Buana.*

File hasil cek similarity turnitin:
/Turnitin similarity report file

https://drive.google.com/file/d/1njk5vFl3ZKhEOtLmOSd1KjXnHhTRjHkC/view?usp=drive_link

Jakarta, 13 Juli 2026
Admin Turnitin Fasilkom UMB

Agung Prawoto

Agung Prawoto, S.Kom., B.Sc
NIK : 322970503

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:
Nama : Muhammad Rifky Untara
NIM : 41822110029
Program Studi : Sistem Informasi
Judul Laporan Skripsi : Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0

Untuk dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.

Disetujui di Jakarta, 15 Juli 2026
Disetujui dan diterima untuk diseminarkan

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

abdi wahab, S.Kom, MT
NIDN: 0305068502

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Rifky Untara
NIM	: 41822110052
Program Studi	: Sistem Informasi
Judul Laporan Skripsi	: Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-BO

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing,

Abdi Wahab, S.kom, MT
NIDN/NUPTK: 0305068502

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Jakarta, 30 Juli 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer	Ketua Program Studi Sistem Informasi
Dr. Bambang Jokonowo, S.Si., M.T.I.	Wawan Gunawan, S.Kom., M.T., M.Kom.
NIDN: 0320037002	NIDN: 0424108104

lib.mercubuana.ac.id

KATA PENGANTAR

Saya mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Penulisan laporan skripsi ini adalah salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa menyelesaikan Laporan Skripsi ini sangatlah sulit bagi saya tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama masa perkuliahan dan selama penyusunan skripsi ini. Akibatnya, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Bambang Jokonowo, S.Si., MTI selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Wawan Gunawan, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Mercubuana.
4. Ardiansyah, ST, MTI selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, motivasi, menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran sehingga selama pembuatan laporan skripsi ini terjadwal dengan baik.
5. Kedua Orang Tua saya yang selalu mensuport dan mendukung saya selama menjalani masa studi sebagai mahasiswa Universitas Mercubuana..
6. Semua teman kuliah yang selalu berbagi informasi dan memberikan dukungan dalam bentuk yang berbeda-beda.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 25 November 2025
Muhammad Rifky Untara

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Muhammad Rifky Untara
NIM	: 41822110052
Fakultas/Program Studi	: Ilmu Komputer/Sistem Informasi
Judul Tugas Akhir	: Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 16 Agustus 2026
Yang menyatakan,



(Muhammad Rifky Untara)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0
Muhammad Rifky Untara

ABSTRAK

Kehilangan dan Pemborosan Makanan (FLW) di Indonesia mencapai 23-48 juta ton per tahun dengan kerugian ekonomi 213-551 triliun rupiah (4-5% PDB), juga memainkan peran 7,29% dalam emisi gas rumah kaca nasional. Salah satu penyebab utama adalah inspeksi manual kesegaran sayuran yang subjektif dan tidak konsisten di fasilitas distribusi. Penelitian ini bertujuan membuat model Deep Learning yang menggunakan kombinasi arsitektur CNN dan LSTM untuk mengklasifikasikan jenis dan kondisi kesegaran sayuran serta memprediksi skala degradasinya. Model menggunakan EfficientNet-B0 dan transfer learning ImageNet sebagai feature extractor, dilanjutkan dengan lapisan LSTM yang berfungsi sebagai transformasi non-linear tambahan atas fitur yang diekstraksi. Tiga output dihasilkan: klasifikasi jenis sayuran (6 kelas), klasifikasi kondisi kesegaran (Segar, Kurang Segar, Layu), dan prediksi skala degradasi kesegaran (0-1). Metodologi mencakup oversampling untuk class imbalance (Layu 1.5x, Kurang Segar 1.2x), Focal Loss dengan class weights untuk hard examples, augmentasi data real-time (geometric + color transformations, cutout, JPEG quality variation), dan two-stage training (frozen base + fine-tuning). Dataset terdiri dari 1.080 gambar asli (1.440 setelah oversampling kelas minoritas) sayuran lokal Indonesia, dibagi 80% data latihan dan 20% data validasi (stratified split). Hasil evaluasi menunjukkan model mencapai akurasi 96,5% untuk klasifikasi kondisi dengan tingkat ketepatan 96 persen, tingkat recall 97 persen, dan skor F1 97 persen. Threshold optimization meningkatkan recall kelas Layu dari 89% menjadi 96%. Kontribusi penelitian meliputi pengembangan arsitektur hybrid CNN-LSTM untuk klasifikasi multi-task (jenis dan kondisi kesegaran) sekaligus prediksi skala degradasi kesegaran sayuran, validasi efektivitas transfer learning dan augmentasi data pada dataset terbatas, serta penyediaan foundation untuk sistem automated quality control yang dapat mengurangi FLW hingga 20-30% di fasilitas distribusi sayuran.

Kata Kunci: Deep Learning, CNN-LSTM Hybrid, Transfer Learning, EfficientNet, Klasifikasi Kesegaran Sayuran, Prediksi Skala Degradasi, Food Loss and Waste

lib.mercubuana.ac.id

Implementasi Klasifikasi dan Prediksi Kesegaran Sayuran Menggunakan Hybrid CNN-LSTM dengan Transfer Learning EfficientNet-B0

Muhammad Rifky Untara

ABSTRACT

Indonesia has 23–48 million tonnes of food loss and waste (FLW) annually, resulting in economic losses of 213-551 trillion rupiah (4-5% of GDP) and contributing 7.29% to national greenhouse gas emissions. A primary cause is the subjective and inconsistent manual inspection of vegetable freshness in distribution facilities. The goal of this study is to create a Deep Learning model for vegetable freshness classification and degradation scale prediction using a hybrid CNN-LSTM architecture. The model employs EfficientNet-B0 with ImageNet transfer learning as a feature extractor, followed by an LSTM layer that serves as an additional non-linear transformation over the extracted features, producing three outputs: vegetable type classification (6 classes), freshness condition classification (Fresh, Moderately Fresh, Wilted), and freshness degradation scale prediction (0-1). The methodology includes oversampling for class imbalance (Wilted 1.5x, Moderately Fresh 1.2x), Focal Loss with class weights for hard examples, real-time data augmentation (geometric + color transformations, cutout, JPEG quality variation), and two-stage training (frozen base + fine-tuning). The dataset consists of 1,080 original images (1,440 after minority-class oversampling) of Indonesian local vegetables, split into 80% for training and 20% for validation (stratified split). The evaluation results indicate that the model attains 96.5% accuracy in condition classification, with 96% precision, 97% recall, and a 97% F1-score. Threshold optimization improves Wilted class recall from 89% to 96%. Research contributions encompass the development of a hybrid CNN-LSTM architecture for multi-task classification (vegetable type and freshness condition) alongside freshness degradation scale prediction, the validation of transfer learning and data augmentation efficacy on constrained datasets, and the establishment of a framework for automated quality control systems that can diminish food loss and waste by 20-30% in vegetable distribution facilities.

Keywords: Deep Learning, CNN-LSTM Hybrid, Transfer Learning, EfficientNet, Vegetable Freshness Classification, Freshness Degradation Scoring, Food Loss and Waste

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....0
HALAMAN JUDUL.....i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI.....ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN UJI TURNITIN.....iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....iv
HALAMAN PENGESAHAN.....v
KATA PENGANTAR.....vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB.....vii
ABSTRAK.....viii
ABSTRACT.....ix
DAFTAR ISI.....x
DAFTAR TABEL.....xii
DAFTAR GAMBAR.....xiii
BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1 Latar Belakang.....1

1.2 Urgensi Penelitian.....4

1.3 Perumusan Masalah.....4

1.4 Tujuan Penelitian.....5

1.5 Batasan Masalah.....5

1.6 Sistematika Penulisan.....6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....8

2.1 Teori Utama.....8
2.1.1 Convolutional Neural Network.....8
2.1.2 EfficientNet Architecture.....12
2.1.3 Transfer Learning.....14
2.1.4 Data Augmentation.....16

2.2 Teori Pendukung.....21
2.2.1 Image Classification.....21
2.2.2 Metrik Evaluasi Model.....22
2.2.3 Food Loss and Waste (FLW).....23

2.3 Penelitian Terdahulu.....24

2.4 Gap Penelitian.....29
BAB III METODE PENELITIAN.....32

lib.mercubuana.ac.id

3.1 Pendekatan Penelitian.....32
3.2 Desain Penelitian.....32
3.3 Dataset dan Subjek Penelitian.....33
3.4 Instrumen Penelitian.....34
3.5 Tahapan Penelitian.....35
3.6 Metode Pengumpulan Data.....36
BAB IV PEMBAHASAN.....37
4.1 Memenuhi Tujuan Penelitian.....37
4.2 Kontribusi Terhadap Bidang Teknologi Informasi.....39
4.3 Preparasi untuk Dataset.....40
4.4 Pre-Processing dan Augmentasi Data.....40
4.5 Pembagian Data.....42
4.6 Arsitektur Model CNN-LSTM.....42
4.7 Proses Pelatihan Model.....44
4.7.1 Stage 1: Feature Extraction dengan Frozen Base.....45
4.7.2 Stage 2: Fine-Tuning.....46
4.8 Evaluasi Model Sebelum Threshold Optimization.....46
4.9 Threshold Optimization.....47
4.10 Evaluasi Model Setelah Threshold Optimization.....47
4.11 Evaluasi Model Regresi.....48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....49
5.1 Kesimpulan.....49
5.2 Saran.....51
DAFTAR PUSTAKA.....55

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Parameter SVM....2
Tabel 1.2 Perbandingan hasil metode....2
Tabel 1.3 Nilai Akurasi Berdasarkan jumlah data....3
Tabel 1.4 Hasil Augmentasi data (Guo et al., 2024)....3
Tabel 2.1 Matrix Perbandingan SVM vs CNN....10
Tabel 2.2 Comparative Performance of CNN Architectures (Parlak Sönmez & Kılıç, 2024)....13
Tabel 2.3 Improved EfficientNet Performance (Wen, 2024)....13
Tabel 2.4 Transfer Learning Results on Multiple Datasets (Amin et al., 2023)....15
Tabel 2.5 Comprehensive Impact of Data Augmentation (Guo et al., 2024)....16
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu....24
Tabel 2.7 Gap Penelitian....28
Tabel 3.1 Strategi Pemisahan Data....33
Tabel 3.2 Spesifikasi Hardware....34
Tabel 3.3 Versi Software....35

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 CNN EfficientNet Architecture.....12

Gambar 3.1 Desain Penelitian.....32

Gambar 3.2 Sample Dataset.....33

Gambar 3.3 Tahapan Penelitian.....36

Gambar 4.1 Arsitektur Model Hybrid CNN.....44

Gambar 4.2 Alur Pelatihan Dua Tahap.....45

Gambar 4.3 Confusion Matrix.....47

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id