

**KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN
BUAH MANGGAMENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING
DENGAN EFFICIENTNET-B0**

SKRIPSI

Oleh:

HELGA YULIANI PUTRI ARITONANG

NIM. 221112050

M. ADRIAN SYAHPUTRA

NIM. 221111780

RAJA WIRA UTAMA

NIM. 221110676



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

CLASSIFICATION OF MANGO RIPENESS LEVELS USING TRANSFER LEARNING WITH EFFICIENTNET-B0

UNDERGRADUATE THESIS

By:

HELGA YULIANI PUTRI ARITONANG

ID NUMBER. 221112050

M. ADRIAN SYAHPUTRA

ID NUMBER. 221111780

RAJA WIRA UTAMA

ID NUMBER. 221110676



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

LEMBARAN PENGESAHAN
KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN
BUAH MANGGA MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING
DENGAN EFFICIENTNET-B0

SKRIPSI

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

Oleh:

HELGA YULIANI PUTRI ARITONANG

NIM. 221112050

M. ADRIAN SYAHPUTRA

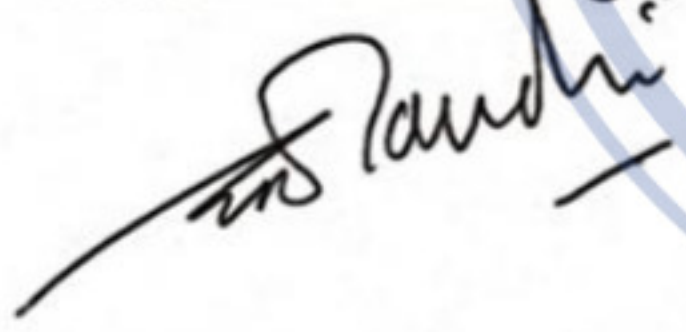
NIM. 221111780

RAJA WIRA UTAMA

NIM. 221110676

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,



Andri, S.Kom., M.T.I.

Dosen Pembimbing II,



Hernawati Gohzali, S.Kom., M.T.I.

Medan, 17 Juli 2026
Diketahui dan Disahkan Oleh:



Ketua Program Studi
S-1 Teknik Informatika


Charles Juliandy, 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 : Helga Yuliani Putri Aritonang

NIM : 221112050

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

Judul Skripsi : Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Mangga
Menggunakan Transfer Learning Dengan Efficientnet-B0
Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil
Alamat Tempat Penelitian : Jl. M.H Thamrin No.140, Pusat Ps., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatra Utara 20212
No. Telp. Tempat Penelitian : (061) 4573767

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya 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, 3 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Helga Yuliani Putri Aritonang

HALAMAN PERNYATAAN

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

Nama : M. Adrian Syahputra

NIM : 221111780

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

Judul Skripsi : Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Mangga
Menggunakan Transfer Learning Dengan Efficientnet-B0

Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Alamat Tempat Penelitian : Jl. M.H Thamrin No.140, Pusat Ps., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatra Utara 20212

No. Telp. Tempat Penelitian : (061) 4573767

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, 3 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



M. Adrian Syahputra

HALAMAN PERNYATAAN

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

Nama : Raja Wira Utama

NIM : 221110676

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

Judul Skripsi : Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Mangga
Menggunakan Transfer Learning Dengan Efficientnet-B0

Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Alamat Tempat Penelitian : Jl. M.H Thamrin No.140, Pusat Ps., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatra Utara 20212

No. Telp. Tempat Penelitian : (061) 4573767

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya 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, 3 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Raja Wira Utama

KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH MANGGA MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING DENGAN EFFICIENTNET-B0

Abstrak

Buah mangga merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi strategis di Indonesia, dengan mutu yang sangat ditentukan oleh tingkat kematangannya. Penyortiran tingkat kematangan masih banyak dilakukan secara manual melalui inspeksi visual sehingga rentan terhadap inkonsistensi. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada akurasi tanpa mempertimbangkan efisiensi komputasi, sementara arsitektur CNN dasar belum menghasilkan representasi fitur yang cukup diskriminatif untuk membedakan kelas kematangan yang mirip. Penelitian ini menerapkan arsitektur EfficientNet-B0 dengan pendekatan transfer learning untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan mangga ke dalam empat kelas. Model dilatih menggunakan dataset sebanyak 943 citra dan dievaluasi dari dua aspek sekaligus, yaitu akurasi klasifikasi dan efisiensi komputasi. CNN dasar digunakan sebagai baseline representasi fitur; sedangkan MobileNetV2 sebagai pembanding efisiensi. Hasil pengujian menunjukkan EfficientNet-B0 memperoleh akurasi 99,30%, lebih tinggi dibandingkan MobileNetV2 sebesar 97,90% maupun CNN dasar; dan tetap unggul pada kondisi data sangat terbatas. Meskipun kebutuhan komputasinya lebih tinggi dibandingkan MobileNetV2, EfficientNet-B0 tetap memberikan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi, sehingga layak diterapkan pada sistem klasifikasi tingkat kematangan mangga.

Kata kunci: *Klasifikasi Kematangan Mangga, EfficientNet-B0, Transfer Learning, Efisiensi Komputasi, Convolutional Neural Network*

Abstract

Mango is a horticultural commodity of strategic economic value in Indonesia, with its quality strongly determined by the level of ripeness. The sorting of ripeness levels is still largely performed manually through visual inspection, making it prone to inconsistency. Furthermore, previous studies have generally focused on accuracy without considering computational efficiency, while basic CNN architectures have not yet produced feature representations that are sufficiently discriminative to distinguish between visually similar ripeness classes. This study applies the EfficientNet-B0 architecture with a transfer learning approach to classify mango ripeness into four classes. The model was trained using a dataset of 943 images and evaluated from two aspects simultaneously, namely classification accuracy and computational efficiency. A basic CNN was used as the baseline for feature representation, while MobileNetV2 served as the benchmark for efficiency. The test results show that EfficientNet-B0 achieved an accuracy of 99.30%, higher than MobileNetV2 at 97.90% as well as the basic CNN, and remained superior under highly limited data conditions. Although it has a larger model size and FLOPs than MobileNetV2, EfficientNet-B0 has a relatively comparable inference time, so it still provides a balance between accuracy and computational efficiency, making it suitable for application in mango ripeness classification systems.

Keywords: *Mango Ripeness Classification, EfficientNet-B0, Transfer Learning, Computational Efficiency, Convolutional Neural Network*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kasih, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Mangga Menggunakan Transfer Learning Dengan Efficientnet-B0” dengan baik.

Penyusunan skripsi ini merupakan bagian integral dari tahapan akhir dalam menyelesaikan pendidikan saya di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.

Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.

1. Bapak Andri, S.Kom., M.T.I., selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ibu Hernawati Gohzali, S.Kom., M.T.I., 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. Orang tua dan keluarga penulis, atas doa, dukungan moral, serta dukungan material yang tidak pernah putus selama penulis menempuh pendidikan.
7. Teman-teman seperjuangan Program Studi S-1 Teknik Informatika, atas kebersamaan, diskusi, dan semangat yang saling menguatkan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi ruang lingkup penelitian, jumlah data yang digunakan, maupun kedalaman analisis yang disajikan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan penelitian di masa mendatang. Meskipun demikian, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi, sekurang-kurangnya sebagai bahan rujukan bagi penelitian sejenis serta sebagai gambaran awal bagi penerapan *deep learning* dalam bidang klasifikasi citra buah. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan.

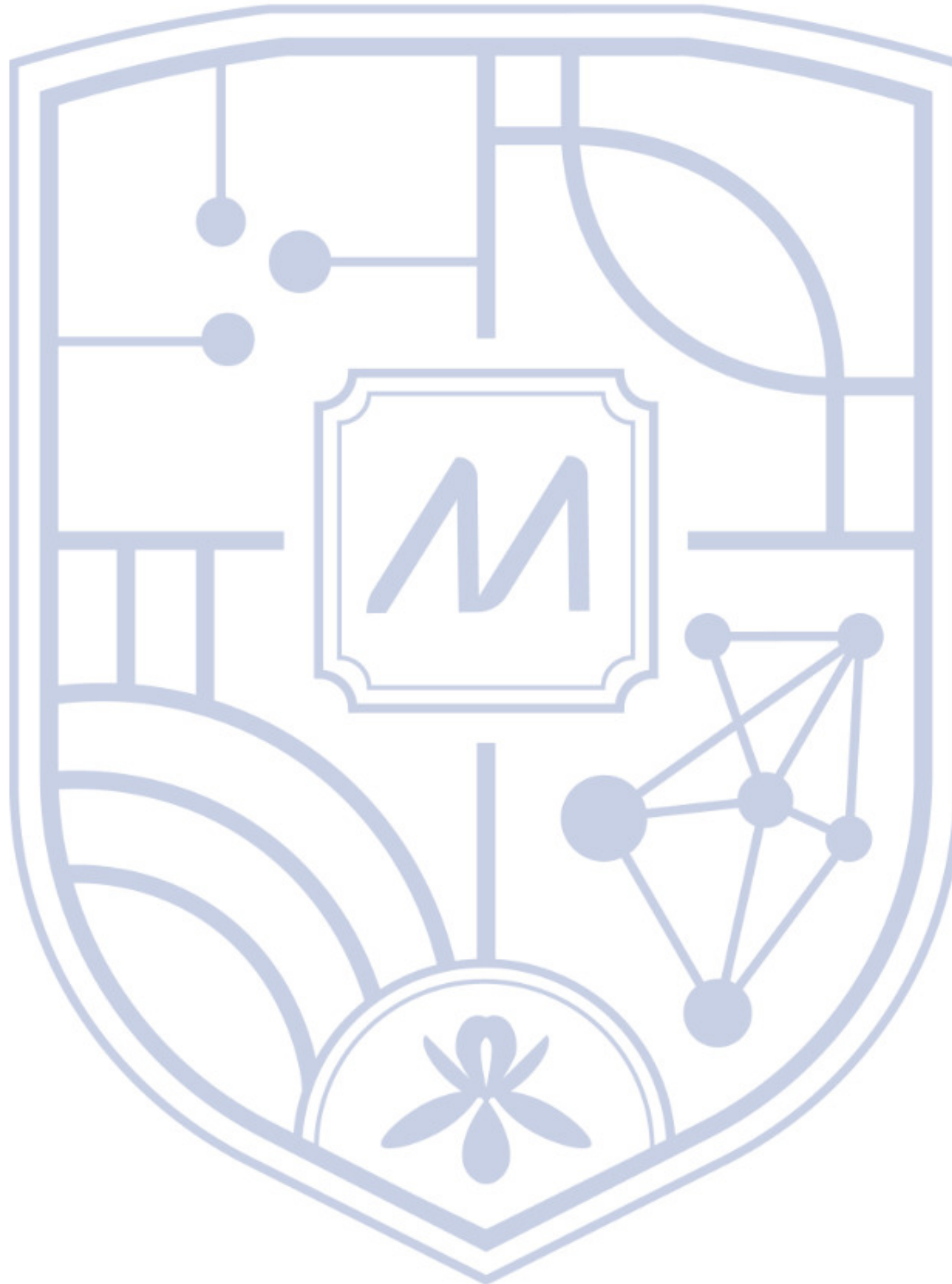
Medan, 10 Juli 2026

Penulis,

Helga Yuliani Putri Aritonang

M.Adrian Syahputra

Raja Wira Utama



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 Citra.....	5
2.1.1 Jenis-jenis Citra.....	5
2.1.2 Representasi Citra.....	8
2.2 Klasifikasi Citra.....	8
2.3 Pengolahan Citra Digital.....	10
2.3.1 <i>Resize</i>	10
2.3.2 Normalisasi.....	11
2.3.3 Augmentasi Data.....	12
2.3.4 Ekstraksi Fitur.....	14
2.4 <i>Deep Learning</i>	14
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	16
2.5.1 <i>Forward pass</i>	17
2.5.2 Fungsi <i>Loss</i>	18
2.5.3 <i>Backpropagation</i>	20
2.5.4 Evaluasi Proses Pelatihan Model.....	21
2.6 <i>Transfer learning</i>	22
2.7 EfficientNet-B0.....	23
2.8 Confusion Matrix.....	27
2.9 Evaluasi Efisiensi Komputasi Model.....	28
2.10 Tingkat Kematangan Buah Mangga.....	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Kerangka Tahapan Pelaksanaan.....	32
3.2 Analisis	33
3.2.1 Analisis Proses	33
3.2.2 Analisis Kebutuhan Fungsional.....	53
3.2.3 Analisis Kebutuhan Non fungsional	56
3.3 Perancangan.....	57
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
4.1 Hasil	64
4.1.1 Hasil Pengujian CNN Dasar	64
4.1.2 Lingkungan Implementasi	68
4.1.3 Hasil Pengujian EfficientNet-B0	69
4.1.4 Hasil Pengujian MobileNetV2	73
4.1.5 Hasil Perbandingan Antarmodel	75
4.1.6 Implementasi Sistem.....	76
4.1.7 Pengujian <i>Black-box</i>	80
4.2 Pembahasan.....	82
4.2.1 Kemampuan Representasi Fitur	82
4.2.2 Efisiensi Komputasi dan <i>Trade-off</i>	83
BAB 5 KESIMPULAN	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	92
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	94
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra RGB [20].....	6
Gambar 2.2 Citra Berskala Keabuan (<i>Grayscale</i>) [20]	7
Gambar 2.3 Citra Biner [20].....	7
Gambar 2.4 <i>Deep Learning</i> [31].....	15
Gambar 2.5 <i>Convolutional Neural Network Architecture</i> [31].....	17
Gambar 2.6 <i>Cross Entropy in CNN</i> [34]	19
Gambar 2.7 <i>General transfer learning framework</i> [38].....	23
Gambar 2.8 <i>Architecture of EfficientNet-B0 with MBConv as basic building Blocks</i> [13].	24
Gambar 3.2 <i>Flowchart Analisis Proses</i>	33
Gambar 3.3 <i>Flowchart Tahapan Preprocessing</i>	35
Gambar 3.4 <i>Flowchart Proses Normalisasi</i>	38
Gambar 3.5 <i>Flowchart Training model</i>	41
Gambar 3.6 <i>Flowchart Testing Model</i>	47
Gambar 3.7 <i>Use Case Diagram pada Klasifikasi Kematangan Buah Mangga</i>	53
Gambar 3.8 Halaman Utama	58
Gambar 3.9 Halaman Pilih File	59
Gambar 3.10 Halaman Proses Analisis.....	60
Gambar 3.11 Halaman Hasil Klasifikasi	60
Gambar 3.12 Halaman Informasi Perfoma Model	62
Gambar 4.1 Komposisi 40 citra yang digunakan pada Skenario 1	64
Gambar 4.2 Confusion Matrix CNN Dasar Subset 40 Citra	66
Gambar 4.3 Grafik Akurasi & <i>Loss Train</i> dan <i>Validation</i> CNN.....	67
Gambar 4.4 Confusion Matrix CNN Dasar Dataset Penuh	68
Gambar 4.5 Confusion Matrix EfficientNet-B0 Subset 40 Citra.....	70
Gambar 4.6 Grafik Akurasi & <i>Loss Train</i> dan <i>Validation</i> EfficientNet-B0.....	71
Gambar 4.7 Confusion Matrix EfficientNet-B0 Dataset Penuh	73
Gambar 4.8 Grafik Akurasi & <i>Loss Train</i> dan <i>Validation</i> MobileNetV2	74
Gambar 4.9 Confusion Matrix MobileNetV2 Dataset Penuh.....	75
Gambar 4.10 Halaman Beranda.....	77
Gambar 4.11 Halaman Hasil Klasifikasi	78
Gambar 4.12 Laporan Hasil Klasifikasi.....	79
Gambar 4.13 Halaman Informasi Performa Model	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 EfficientNet-B0 <i>Architecture</i> [40]	25
Tabel 2.2 Confusion Matrix	27
Tabel 2.3 Kategori Tingkat Kematangan Buah Mangga pada Penelitian [7]	31
Tabel 3.1 Dataset yang Sudah Diberikan Label.....	34
Tabel 3.2 Distribusi Augmentasi.....	36
Tabel 3.3 Input Gambar 2x2	38
Tabel 3.4 Perhitungan Normalisasi.....	39
Tabel 3.5 Nilai <i>Mean ImageNet</i> Setiap Kanal	39
Tabel 3.6 Nilai Standar Deviasi <i>ImageNet</i> Tiap Kanal.....	39
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Normalisasi	40
Tabel 3.8 Contoh Confusion Matrix	49
Tabel 3.9 Skenario <i>Use Case</i> : Mengklasifikasikan Tingkat Kematangan Buah Mangga ...	54
Tabel 3.10 Skenario Alternatif.....	55
Tabel 3.11 Skenario <i>Use Case</i> : Mengunduh Laporan Hasil Klasifikasi.....	55
Tabel 3.12 Skenario <i>Use Case</i> : Melihat Evaluasi Performa Model	55
Tabel 3.13 Kebutuhan non-fungsional.....	56
Tabel 4.1 Hasil Eksperimen <i>Hyperparameter</i> CNN Dasar pada Subset 40 Citra	65
Tabel 4.2 Hasil Evaluasi CNN Dasar Subset 40 Citra	65
Tabel 4.3 Hasil Eksperimen <i>Hyperparameter</i> CNN Dasar pada Dataset Penuh.....	66
Tabel 4.4 Hasil Evaluasi CNN Dasar Dataset Penuh.....	67
Tabel 4.5 Hasil Eksperimen <i>Hyperparameter</i> EfficientNet-B0 pada Subset 40 Citra	69
Tabel 4.6 Hasil Evaluasi EfficientNet-B0 Subset 40 Citra	70
Tabel 4.7 Hasil Eksperimen <i>Hyperparameter</i> EfficientNet-B0 pada Dataset Penuh	71
Tabel 4.8 Hasil Evaluasi EfficientNet-B0 Dataset Penuh.....	72
Tabel 4.9 <i>Classification Report</i> EfficientNet-B0.....	72
Tabel 4.10 Hasil Eksperimen <i>Hyperparameter</i> MobileNetV2	74
Tabel 4.11 Hasil Evaluasi MobileNetV2 Dataset Penuh	75
Tabel 4.12 Perbandingan Kinerja pada Kondisi Data Terbatas	76
Tabel 4.13 Perbandingan Kinerja pada Dataset Penuh.....	76
Tabel 4.14 Perbandingan Efisiensi Komputasi Antarmodel	76
Tabel 4.15 Hasil Pengujian <i>Black-box</i>	81