

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ANALISIS KLASIFIKASI CITRA TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT MENGUNAKAN EFFICIENTNETV2B1

MUHAMMAD FARHAN ADEVA



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



- 

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Klasifikasi Citra Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Menggunakan EfficientNetV2B1” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Muhammad Farhan Adeva
G1401211062



ABSTRAK

MUHAMMAD FARHAN ADEVA. Analisis Klasifikasi Citra Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Menggunakan EfficientNetV2B1. Dibimbing oleh SACHNAZ DESTA OKTARINA dan AGUS MOHAMAD SOLEH.

Indonesia, sebagai produsen utama minyak kelapa sawit, sangat bergantung pada kualitas Crude Palm Oil (CPO), yang dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah. Penilaian manual kematangan tandan buah segar (TBS) sering kali tidak konsisten dan tidak efisien. Penelitian ini menerapkan *transfer learning* dengan EfficientNetV2B1 untuk mengklasifikasikan kematangan TBS ke dalam tiga kategori yaitu mentah, matang, dan terlalu matang. Gugus data berisi 690 gambar dari dua sumber *smartphone* dan kamera *mirrorless*. Data dibagi menjadi 60% pelatihan, 20% validasi, dan 20% pengujian. Sebanyak 12 model diuji dengan variasi *batch size* (16 dan 32), tiga *optimizer* (Adam, AdamW, Nadam), serta dua jenis input (gambar saja dan gambar dengan jenis kamera). *Fine tuning* dilakukan menggunakan fungsi aktivasi Swish dan Softmax. Hasil menunjukkan bahwa jenis kamera tidak signifikan terhadap performa. Model terbaik yaitu model 3 dengan menggunakan *batch size* 16 dan *optimizer* Nadam, dengan *balanced accuracy* 85,17%, *F1-score* 82,34%, *recall* 85,30%, dan presisi 80,60%. Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi klasifikasi kematangan TBS.

Kata kunci: cnn, efficientnetv2, kelapa sawit, transfer learning

ABSTRACT

MUHAMMAD FARHAN ADEVA. Image Classification Analysis of Oil Palm Fresh Fruit Bunch (FFB) Maturity Level Using EfficientNetV2B1. Supervised by SACHNAZ DESTA OKTARINA and AGUS MOHAMAD SOLEH.

Indonesia, as a major producer of palm oil, relies heavily on the quality of Crude Palm Oil (CPO), which is influenced by fruit ripeness. Manual assessment of fresh fruit bunch (FFB) ripeness is often inconsistent and inefficient. This research applies transfer learning with EfficientNetV2B1 to classify FFB maturity into three categories: unripe, ripe, and overripe. The dataset contains 690 images from two sources of smartphone and mirrorless camera. The data is divided into 60% training, 20% validation, and 20% testing. A total of 12 models were tested with various batch sizes (16 and 32), three optimizers (Adam, AdamW, Nadam), and two types of inputs (image only and image with camera type). Fine tuning was performed using Swish and Softmax activation functions. Results showed that camera type is not significant to performance. The best model used a batch size of 16 and the Nadam optimizer, and achieved a balanced accuracy of 85.17%, F1-score of 82.34%, recall of 85.30%, and precision of 80.60%. This approach proved effective in improving the efficiency and accuracy of FFB ripeness classification.

Keywords: cnn, efficientnetv2, palm oil, transfer learning



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT MENGUNAKAN EFFICIENTNETV2B1

MUHAMMAD FARHAN ADEVA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Analisis Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Menggunakan EfficientNetV2B1

Nama : Muhammad Farhan Adeva

NIM : G1401211062

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Sachnaz Desta Oktarina S.Stat., M.Agr., Ph.D



Pembimbing 2:

Dr. Agus Mohamad Soleh S.Si., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.

NIP 197804112005011002



Tanggal Ujian:
23 Mei 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2024 sampai bulan Mei 2025 ini ialah Pengembangan Teknologi dalam Kelapa Sawit, dengan judul “Analisis Klasifikasi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Menggunakan EfficientNetV2B1”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, serta dukungan dalam penyusunan karya ilmiah ini, di antaranya :

1. Ibu Sachnaz Desta Oktarina, S.Stat., M.Agr.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran serta arahan pada penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
2. Omar Zaid, Syaifuddin dan para peneliti selaku pemberi data untuk penelitian ini.
3. Ibu Rahma Anisa, S.Stat., M.Si. selaku dosen penguji luar, juga kepada moderator kolokium dan seminar yang telah memberikan dan masukan dalam penulisan.
4. Seluruh dosen dan keluarga besar Prodi Statistika dan Sains Data SSMI IPB yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran yang bermanfaat bagi penulis serta staf Tata Usaha Prodi Statistika dan Sains Data SSMI yang telah membantu penulis dalam proses administrasi perkuliahan.
5. Bapak Ade dan Ibu Eva selaku orang tua serta kakak Vira dan adik Daffa yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang dan dukungan penuh kepada penulis.
6. Pratama, Raziq, Reynd, Rafee, Hilmi, Fawaz, Akmal, Asfiah, Mahesa, Lufthi, Fadly, Rustu, Dinda, Cahyo, Eko dan Hermanu selaku sahabat penulis yang selalu ada untuk kebersamaan dari awal kuliah, memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
7. Keluarga Pratama atas membantu dalam kehidupan di kampus.
8. Seluruh teman-teman Statistika 58 dan seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi dan kebaikan mereka, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga penulis berhasil menyelesaikan karya ilmiah ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, Juli 2025

Muhammad Farhan Adeva



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Deep Learning	3
2.2 Convolutional Neural Network	3
2.3 Transfer Learning	4
2.4 EfficientNetV2	4
2.5 Loss Function	4
2.6 Optimasi Adam	5
2.7 Optimasi AdamW	5
2.8 Optimasi Nadam	6
III METODE	7
3.1 Data	7
3.2 Tahapan Analisis	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Pembagian Data	11
4.2 Praproses Data	11
4.3 Klasifikasi dan Evaluasi	12
V SIMPULAN DAN SARAN	17
5.1 Simpulan	17
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	21



DAFTAR TABEL

1. Kombinasi <i>hyperparameter</i>	8
2. Confusion <i>matrix</i> 3x3	9
3. Jumlah data latih, data validasi, dan data uji	11
4. Rata-rata evaluasi model fitur gambar	12
5. Rata-rata evaluasi model fitur gambar dan jenis gambar	13

DAFTAR GAMBAR

1. Ilustrasi CNN (Nugroho <i>et al.</i> 2020)	3
2. Contoh gugus data (a) underripe (b) ripe (c) overripe	7
3. Hasil gambar setelah dilakukan transformasi	12
4. Plot sampel perbandingan nilai <i>loss</i> pelatihan dan pengujian model 3 fitur gambar	13
5. Plot sampel perbandingan nilai <i>loss</i> pelatihan dan pengujian model 8 fitur gambar dan jenis kamera	14
6. Boxplot perbandingan <i>balanced accuracy</i> model 3 dengan 8	15
7. Boxplot perbandingan <i>batch size</i>	16

DAFTAR LAMPIRAN

1. Perbandingan Arsitektur EfficientNet dengan Arsitektur lain (Tan dan Le 2019).	22
2. Perbandingan EfficientNetV2 setiap jenis model (Tan dan Le 2021)	22
3. Arsitektur EfficientNetV2 (Albattah <i>et al.</i> 2022)	23
4. Pengulangan evaluasi metrik model 1	23
5. Pengulangan evaluasi metrik model 2	24
6. Pengulangan evaluasi metrik model 3	24
7. Pengulangan evaluasi metrik model 4	24
8. Pengulangan evaluasi metrik model 5	25
9. Pengulangan evaluasi metrik model 6	25
10. Pengulangan evaluasi metrik model 7	25
11. Pengulangan evaluasi metrik model 8	26
12. Pengulangan evaluasi metrik model 9	26
13. Pengulangan evaluasi metrik model 10	26
14. Pengulangan evaluasi metrik model 11	27
15. Pengulangan evaluasi metrik model 12	27