

DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN TBS KELAPA SAWIT MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN MOBILENETV2

RAVI MAHESA PRAMUDYA



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

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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Deteksi Tingkat Kematangan TBS Kelapa Sawit Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan MobileNetV2” 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, Agustus 2025

Ravi Mahesa Pramudya
G1401211052



ABSTRAK

RAVI MAHESA PRAMUDYA. Deteksi Tingkat Kematangan TBS Kelapa Sawit Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan MobileNetV2. Dibimbing oleh AAM ALAMUDI dan LAILY NISSA ATUL MUALIFAH.

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia yang memiliki produktivitas tinggi dan peran strategis dalam perekonomian nasional. Tingginya produktivitas perlu diimbangi dengan kualitas hasil panen yang baik untuk memperoleh keuntungan yang optimal. Kualitas produk minyak sawit sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah sawit. Permasalahan yang terjadi ialah klasifikasi tingkat kematangan buah sawit di Indonesia masih banyak mengandalkan pendekatan visual, yang rentan terhadap kesalahan. Klasifikasi citra berbasis kecerdasan buatan menjadi pendekatan potensial untuk mendeteksi tingkat kematangan buah sawit secara otomatis dan akurat. Penelitian ini membandingkan kinerja Convolutional Neural Network (CNN) dan MobileNetV2 berbasis *transfer learning* dalam mendeteksi tingkat kematangan tandan buah segar kelapa sawit. Dataset terdiri dari 690 citra TBS kelapa sawit yang dikategorikan ke dalam tiga kelas, yaitu belum matang, matang, dan terlewat matang. Proses penelitian mencakup pembagian data, praproses data, augmentasi, pemodelan dengan CNN dan MobileNetV2, evaluasi menggunakan *4-fold cross validation*, serta analisis faktor berpengaruh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan performa antara kedua model, di mana MobileNetV2 terbukti lebih unggul dan konsisten dibandingkan CNN. Model dengan arsitektur MobileNetV2, *batch size* 32, optimasi Adam, dan tanpa penggunaan *class weight* dipilih sebagai model terbaik yang menunjukkan performa paling stabil dengan rata-rata *balanced accuracy* 87,50%, *precision* 93,20%, *recall* 90,97%, dan *F1-score* 89,74%. Selain itu, hasil uji ANOVA tiga arah terhadap *batch size*, optimasi, dan penggunaan *class weight* menunjukkan bahwa *batch size* merupakan *hyperparameter* yang berpengaruh signifikan pada model CNN, sedangkan pada MobileNetV2 pengaruh ketiga faktor tersebut tidak signifikan.

Kata kunci: *4-fold cross validation*, ANOVA tiga arah, CNN, kelapa sawit, MobileNetV2.

ABSTRACT

RAVI MAHESA PRAMUDYA. Ripeness Level Detection of Oil Palm Fresh Fruit Bunches Using Convolutional Neural Network and MobileNetV2. Supervised by AAM ALAMUDI and LAILY NISSA ATUL MUALIFAH.

Oil palm is one of the main plantation commodities in Indonesia with high productivity and a strategic role in the national economy. High productivity needs to be accompanied by good harvest quality to achieve optimal profit. The quality of palm oil is strongly influenced by the ripeness level of the fruit, yet classification in the field still relies heavily on visual inspection, which is prone to errors. Image classification based on artificial intelligence offers a potential solution for automatic and accurate detection of fruit ripeness. This study compares the performance of Convolutional Neural Network (CNN) and MobileNetV2 based on transfer learning in detecting the ripeness level of fresh fruit bunches (FFB) of oil palm. The dataset consists of 690 FFB images categorized into three classes: unripe, ripe, and overripe. The research stages include data splitting, preprocessing, augmentation, modeling using CNN and MobileNetV2, evaluation with 4-fold cross validation, and analysis of hyperparameter factors. The results indicate that model architecture is the main factor determining performance, with MobileNetV2 showing superior and more consistent results compared to CNN. The best-performing model was obtained from MobileNetV2 with batch size 32, Adam optimizer, and without class weight, achieving an average balanced accuracy of 87.50%, precision of 93.20%, recall of 90.97%, and F1-score of 89.74%. Furthermore, the three-way ANOVA test on batch size, optimization, and class weight showed that batch size had a significant effect on CNN, while on MobileNetV2 these factors had no significant effect.

Keywords: 4-fold cross validation, CNN, MobileNetV2, palm oil, three way ANOVA.



@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.

© 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.

DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN TBS KELAPA SAWIT MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN MOBILENETV2

RAVI MAHESA PRAMUDYA

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

**PROGRAM STUDI SARJANA 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
— Akbar Rizki, S.Stat., M.Si.

Judul Skripsi : Deteksi Tingkat Kematangan TBS Kelapa Sawit Menggunakan
Metode Convolutional Neural Network dan MobileNetV2

Nama : Ravi Mahesa Pramudya
NIM : G1401211052

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Ir. Aam Alamudi, M.Si.

Pembimbing 2:
Laily Nissa Atul Mualifah, S.Si., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si
NIP. 197804112005011002



Tanggal Ujian:
15 Agustus 2025

Tanggal Lulus:



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 Februari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah Pengembangan Teknologi dalam Industri Kelapa Sawit, dengan judul “Deteksi Tingkat Kematangan TBS Kelapa Sawit Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan MobileNetV2”.

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

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga penulis yang telah memberikan doa, semangat, dukungan, dan kasih sayang selama proses penulisan karya ilmiah ini.
2. Bapak Ir. Aam Alamudi, M.Si. dan Ibu Laily Nissa Atul Kualifah, S.Si., M.Si. selaku komisi dosen pembimbing yang selalu memberikan semangat dan arahnya kepada penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
3. Ibu Akbar Rizki S.Stat., M.Si. selaku dosen penguji ujian sidang skripsi, Bapak La Ode Abdul Rahman S.Si., M.Si. selaku moderator Kolokium dan Ibu Dr. Ir. Erfiani M.Si. selaku moderator Seminar Hasil yang telah memberikan saran dan perbaikan untuk karya ilmiah ini.
4. Seluruh dosen dan staf akademik program studi Statistika dan Sains Data IPB University yang telah menyampaikan ilmu dan pengalaman serta membantu selama proses perkuliahan hingga menyelesaikan studi sebagai Sarjana.
5. Keluarga Dramaga Cantik Residence blok B1 No.33, selaku sahabat dekat penulis yang selalu ada untuk kebersamaan, memberikan doa dan dukungan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga menyelesaikan studi sebagai Sarjana.
6. Seluruh teman-teman Statistika 58 yang telah sama-sama memberikan doa, dukungan, dan semangat serta dukungan moral selama proses perkuliahan hingga penulis berhasil menyelesaikan studi dan meraih gelar Sarjana.
7. Seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi dan kebaikan mereka, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga penulis berhasil menyelesaikan karya ilmiah ini.
8. Diri penulis sendiri, yang telah berjuang dengan keyakinan, sikap positif, dan semangat kooperatif dalam menghadapi setiap tantangan selama masa perkuliahan hingga berhasil menyelesaikan studi dan meraih gelar Sarjana.

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

Bogor, Agustus 2025

Ravi Mahesa Pramudya



— Bogor Indonesia —

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	4
2.1 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	4
2.2 <i>Transfer learning</i>	7
2.3 <i>MobileNetV2</i>	8
2.4 <i>Hyperparameter Tuning</i>	9
2.5 <i>Class weight</i>	10
2.6 <i>K-fold Cross Validation</i>	10
2.7 Uji ANOVA	11
III METODE	14
3.1 Data Penelitian	14
3.2 Prosedur Penelitian	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Pra-proses Data	20
4.2 Evaluasi dan Perbandingan Model	22
4.3 Analisis Faktor Berpengaruh	25
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	40

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 TABEL

1. Tabel ANOVA tiga arah	12
2. Komposisi arsitektur dan <i>hyperparameter</i> 16 model yang diujikan	16
3. Ilustrasi matriks konfusi 3×3	18
4. Rata-rata hasil evaluasi 16 model pada data uji	22
5. Uji ANOVA tiga arah untuk arsitektur CNN	25
6. Uji ANOVA tiga arah untuk arsitektur MobileNetV2	26

DAFTAR GAMBAR

1. Algoritma CNN (Rianto dan Listianto 2023)	4
2. Proses <i>convolutional layer</i>	5
3. Ilustrasi metode <i>pooling</i> (Al Zubaidi <i>et al.</i> 2021)	7
4. Mekanisme metode <i>k-fold cross validation</i> (Ren <i>et al.</i> 2019)	11
5. Citra kelapa sawit (a) belum matang (b) matang (c) terlewat matang	14
6. Tahapan Penelitian	14
7. Perbandingan citra sebelum dan sesudah resize berdasarkan tingkat kematangan (a) belum matang (b) matang (c) terlewat matang	20
8. Hasil Augmentasi data citra untuk setiap teknik (a) citra asli (b) <i>brightness adjustment</i> (c) <i>zoom</i> (d) <i>horizontal flip</i> (e) <i>vertical flip</i> (f) <i>rotation</i> (g) <i>shear</i> Evaluasi dan Perbandingan Model	21
9. Performa pelatihan model pada seluruh <i>fold</i>	23
10. Boxplot perbandingan <i>balanced accuracy</i> CNN dan MobileNetV2	24
11. Boxplot <i>balanced accuracy</i> perbandingan <i>batch size</i> CNN	26

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 Arsitektur MobileNetV2.	33
2. Lampiran 2 Hasil evaluasi <i>K-fold cross validation</i> 8 model dengan skenario tanpa <i>class weight</i> untuk seluruh <i>fold</i>	34
3. Lampiran 3 Hasil evaluasi <i>K-fold cross validation</i> 8 model dengan skenario menggunakan <i>class weight</i> untuk seluruh <i>fold</i> berdasarkan tingkat kematangan	35
4. Lampiran 4 Performa pelatihan <i>K-fold cross validation</i> 8 model dengan skenario tanpa <i>class weight</i> untuk seluruh <i>fold</i>	36
5. Lampiran 5 Performa pelatihan <i>K-fold cross validation</i> 8 model dengan skenario menggunakan <i>class weight</i> untuk seluruh <i>fold</i>	38