

DETEKSI KERUSAKAN MEKANIS STROBERI (*Fragaria x ananassa*) MENGGUNAKAN CITRA RGB DAN FLUORESEN BERBASIS *DEEP LEARNING*

ANDI ALVITO DIOKA PUTRA



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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 Kerusakan Mekanis Stroberi (*Fragaria x ananassa*) Menggunakan Citra RGB dan Fluoresen Berbasis *Deep Learning*” 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

Andi Alvito Dioka Putra
F1401211018

- 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.

ABSTRAK

ANDI ALVITO DIOKA PUTRA. Deteksi Kerusakan Mekanis Stroberi (*Fragaria x ananassa*) Menggunakan Citra RGB dan Fluoresen Berbasis *Deep Learning*. Dibimbing oleh LIYANTONO dan MOHAMAD SOLAHUDIN.

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi kerusakan mekanis stroberi (memar dan sayat) berbasis *deep learning* menggunakan YOLOv11 (*instance segmentation*) pada dua model citra, RGB dan fluoresen. Evaluasi menunjukkan model fluoresen unggul pada seluruh metrik: akurasi 96,8%, *recall* 95,2%, *precision* 95,6%, dan *F1-score* rata-rata 93,0%; sedangkan model RGB mencapai akurasi 89,9%, *recall* 85,2%, *precision* 89,2%, dan *F1-score* rata-rata 82,8%. Model fluoresen unggul karena menghasilkan kontras visual yang lebih tajam, sehingga lebih efektif dalam membedakan area rusak (memar dan sayat) dari jaringan sehat, dengan potensi penerapan nondestruktif untuk inspeksi mutu. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi kerusakan halus/berkontras rendah, yang tercermin dari *false negative* pada kelas memar dan sayat. Secara keseluruhan, pendekatan fluoresen YOLOv11 berpotensi diterapkan untuk inspeksi mutu pascapanen secara cepat dan nondestruktif.

Kata kunci: *deep learning*, deteksi dini, kerusakan mekanis, *instance segmentation*, stroberi

ABSTRACT

ANDI ALVITO DIOKA PUTRA. *Mechanical Damage Detection of Strawberry (Fragaria x ananassa) Using Deep Learning Based RGB and Fluorescent Images*. Supervised by LIYANTONO and MOHAMAD SOLAHUDIN.

This study successfully developed a deep learning-based strawberry mechanical damage detection system (bruises and cuts) using YOLOv11 (*instance segmentation*) on two image models, RGB and fluorescent. Evaluation showed that the fluorescent model excelled in all metrics: 96.8% accuracy, 95.2% recall, 95.6% precision, and 93.0% average F1-score; while the RGB model achieved 89.9% accuracy, 85.2% recall, 89.2% precision, and 82.8% average F1-score. The fluorescent model excelled due to its sharper visual contrast, making it more effective in distinguishing damaged areas (bruises and cuts) from healthy tissue, with potential as a nondestructive standard for quality inspection. However, the system still has limitations in detecting subtle/low-contrast damage, which is reflected in false negatives in the bruise and cut classes. Overall, the YOLOv11 fluorescent approach has potential for rapid and nondestructive postharvest quality inspection.

Keywords: deep learning, early detection, mechanical damage, instance segmentation, strawberry



- 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 2025
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 KERUSAKAN MEKANIS STROBERI (*Fragaria x ananassa*) MENGGUNAKAN CITRA RGB DAN FLUORESEN BERBASIS *DEEP LEARNING*

ANDI ALVITO DIOKA PUTRA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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.



@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si.
2. Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.



Judul Skripsi : Deteksi Kerusakan Mekanis Stroberi (*Fragaria x ananassa*)
Menggunakan Citra RGB dan Fluoresen Berbasis *Deep Learning*

Nama : Andi Alvito Dioka Putra
NIM : F1401211018

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr.
NIP 197809222005011003



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si
NIP 196509151991031001



Diketahui oleh

Ketua Departemen
Teknik Mesin dan Biosistem
Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr
NIP 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(22 Agustus 2025)

Tanggal Lulus:

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 subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini berjudul “Deteksi Kerusakan Mekanis Stroberi (*Fragaria x ananassa*) Menggunakan Citra RGB dan Fluoresen Berbasis *Deep Learning*” yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai bulan Juli 2025.

Penulis menyadari bahwa semua ini dapat terselesaikan berkat bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam semua proses penyusunan ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberi penulis motivasi dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini
2. Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr. selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing dan memberikan pengarahan kepada penulis sehingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar
3. Dr. Mohamad Solahudin, M.Si. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing serta memberikan pengarahan kepada penulis sehingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar
4. Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar
5. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.TP, M.Si. selaku moderator yang telah memberikan masukan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar
6. Dosen, Staff, dan seluruh civitas Departemen Teknik Mesin dan Biosistem FATETA IPB yang telah membantu penulis selama ini
7. Fatmila Amirah Radwa yang selalu menemani penulis dan memberikan bantuan, saran, dan senantiasa memberikan penulis motivasi dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini
8. Kak Tersia Innocensia, Alfon Sitorus, Muhamad Fikri Abdullah, Muhammad Alfani Fauzi, Muhammad Wildan Bagir, Hafiz Damarjati, dan Anggota TBI 58, yang telah memberikan bantuan, saran, masukan, serta dukungan selama proses penelitian
9. Teman-teman Team 13 yang telah memberikan bantuan, saran, masukan, serta dukungan selama proses penelitian
10. Teman-teman Resonance yang telah memberikan dukungan sehingga penyusunan skripsi ini dapat selesai.

Bogor, Agustus 2025

Andi Alvito Dioka Putra



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	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Stroberi Kebun	3
2.2 Pengolahan Citra Digital	4
2.3 Citra Fluoresen	4
2.4 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	5
2.5 <i>Algoritma You Only Look Once (YOLO)</i>	6
2.6 Evaluasi Model	6
2.7 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	7
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Pengumpulan <i>Dataset</i> Stroberi	17
4.2 Masa Simpan Stroberi	20
4.3 Anotasi Data	23
4.4 <i>Training Dataset</i>	25
4.5 Hasil Uji <i>Deep Learning</i>	28
V SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
RIWAYAT HIDUP	51



DAFTAR TABEL

1	Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian	8
2	Skor tingkat kerusakan stroberi dalam berbagai perlakuan	12
3	Jenis <i>dataset</i> citra RGB dan jumlahnya	17
4	Jenis <i>dataset</i> citra fluoresen dan jumlahnya	17
5	Nilai akurasi, <i>recall</i> , <i>precision</i> , dan <i>F1-score</i> model citra fluoresen	30
6	Nilai akurasi, <i>recall</i> , <i>precision</i> , dan <i>F1-score</i> model citra RGB	31

DAFTAR GAMBAR

1	Stroberi kebun (Dokumentasi pribadi)	4
2	Contoh citra fluoresen (Innocensia 2024)	5
3	Contoh citra RGB dan fluoresen (Innocensia 2024)	5
4	Arsitektur jaringan deteksi YOLO (Redmon <i>et al.</i> 2016)	6
5	<i>Confusion matrix</i> (Kristiawan dan Widjaja 2021).	7
6	Alat pengambilan citra	9
7	Diagram alir prosedur kerja	10
8	Diagram alir pengumpulan <i>dataset</i>	11
9	Hasil sebelum dan sesudah <i>pre-processing</i> (a) citra fluoresen sebelum <i>pre-processing</i> ; (b) citra fluoresen setelah <i>pre-processing</i> ; (c) citra RGB sebelum <i>pre-processing</i> ; (d) citra RGB setelah <i>pre-processing</i> .	14
10	Contoh <i>dataset</i> citra fluoresen yang digunakan (a) <i>strawberry</i> ; (b) memar; (c) sayat; (d) kombinasi memar dan sayat.	18
11	Contoh <i>dataset</i> citra RGB (a) <i>strawberry</i> ; (b) memar; (c) sayat; (d) kombinasi memar dan sayat.	19
12	Perkembangan tingkat kerusakan stroberi tanpa perlakuan pada suhu ruang: perbandingan citra fluoresen dan citra RGB sepanjang waktu simpan.	20
13	Perkembangan tingkat kerusakan stroberi tanpa perlakuan pada suhu penyimpanan: perbandingan citra fluoresen dan citra RGB sepanjang waktu simpan.	21
14	Perkembangan tingkat kerusakan stroberi dengan perlakuan memar 15cm pada suhu ruang: perbandingan citra fluoresen dan citra RGB sepanjang waktu simpan	22
15	Perkembangan tingkat kerusakan stroberi dengan perlakuan 15cm pada suhu penyimpanan: perbandingan citra fluoresen dan citra RGB sepanjang waktu simpan	22
16	Contoh anotasi citra fluoresen yang digunakan (a) sayat citra fluoresen; (b) memar citra fluoresen; (c) memar citra RGB; (d) sayat citra RGB	24
17	Grafik <i>segmentation loss</i> citra fluoresen selama <i>training</i>	26
18	Grafik <i>classification loss</i> citra fluoresen selama <i>training</i>	26
19	Grafik <i>segmentation loss</i> citra RGB selama <i>training</i>	26
20	Grafik <i>classification loss</i> citra RGB selama <i>training</i>	27
21	Hasil deteksi citra fluoresen	28



22	Hasil deteksi citra RGB	29
23	<i>Confusion matrix</i> citra fluoresen	30
24	<i>Confusion matrix</i> citra RGB	30
25	Hasil deteksi citra fluoresen	32

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Pengukuran berat buah stroberi	39
2	Lampiran 2 Perubahan visual stroberi pada citra fluoresen dengan perlakuan sayat (a) 0 jam; (b) 3 jam; (c) 6 jam; (d) 9 jam; (e) 12 jam; (f) 15 jam; (g) 18 jam; (h) 21 jam; (i) 24 jam.	40
3	Lampiran 3 Perubahan visual stroberi pada citra RGB dengan perlakuan sayat (a) 0 jam; (b) 3 jam; (c) 6 jam; (d) 9 jam; (e) 12 jam; (f) 15 jam; (g) 18 jam; (h) 21 jam; (i) 24 jam.	41
4	Lampiran 4 Perubahan visual stroberi pada citra fluoresen dengan perlakuan memar (a) 0 jam; (b) 3 jam; (c) 6 jam; (d) 9 jam; (e) 12 jam; (f) 15 jam; (g) 18 jam; (h) 21 jam; (i) 24 jam.	42
5	Lampiran 5 Perubahan visual stroberi pada citra RGB dengan perlakuan memar (a) 0 jam; (b) 3 jam; (c) 6 jam; (d) 9 jam; (e) 12 jam; (f) 15 jam; (g) 18 jam; (h) 21 jam; (i) 24 jam.	43
6	Lampiran 6 Jumlah anotasi citra	44
7	Lampiran 7 Konfigurasi kamera yang digunakan	45
8	Lampiran 8 Coding <i>pre-processing</i>	46
9	Lampiran 9 Dokumentasi perlakuan 5cm, 10cm, 15cm	48
10	Lampiran 10 Coding pembuatan model	49

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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.