

DETEKSI KERUSAKAN MEKANIS BUAH TOMAT CERI BERDASARKAN CITRA FLUORESEN DENGAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

TERSIA RALESMANTI INNOCENSIA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- 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.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 Buah Tomat Ceri Berdasarkan Citra Fluoresen dengan Metode *Convolutional Neural Network*” 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, April 2024

Tersia Ralesmanti Innocensia
F1401201099

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

TERSIA RALESMANTI INNOCENSIA. Deteksi Kerusakan Mekanis Buah Tomat Ceri Berdasarkan Citra Fluoresen dengan Metode *Convolutional Neural Network*. Dibimbing oleh MOHAMAD SOLAHUDIN dan SLAMET WIDODO.

Tomat ceri merupakan komoditas buah dengan nilai ekonomis tinggi bagi Indonesia. Namun, hingga saat ini, kerusakan mekanis sering terjadi dalam berbagai tahap, mulai dari panen hingga penyimpanan. Deteksi kerusakan mekanis pada tomat ceri umumnya masih dilakukan secara manual, yakni dengan menggunakan mata secara langsung. Proses tersebut rentan terhadap subjektivitas, kelelahan, dan kesalahan pandang. Tujuan penelitian ini mengembangkan suatu metode deteksi kerusakan mekanis buah tomat ceri seperti memar dan sayat dengan citra fluoresen menggunakan metode *convolutional neural network* (CNN). Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam deteksi kerusakan mekanis pada buah tomat ceri secara lebih akurat yang nantinya dapat diimplementasikan untuk proses sortasi. Penelitian ini menggunakan lampu ultraviolet tipe-c, *longpass filter*, *circular polarizer filter*. Penggunaan lampu ultraviolet dan filter-filter kamera tersebut untuk menghasilkan citra fluoresen sesuai dengan karakteristik buah tomat ceri. Penelitian ini menggunakan algoritma YOLOv8 pada Google Colaboratory. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan: (1) pengumpulan *dataset*, (2) identifikasi dan pelabelan data, (3) *training dataset*, (4) pengujian model *deep learning*, (5) analisis hasil uji fungsional model *deep learning*. Nilai akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* berturut-turut sebesar 95,33%; 100,00%; 87,78%, 93,49%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu mendeteksi kerusakan mekanis buah tomat ceri dengan akurat dan presisi.

Kata kunci: CNN, deteksi kerusakan, fluoresen, tomat ceri, YOLO

@Hak Cipta milik IPB University

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.



ABSTRACT

TERSIA RALESMANTI INNOCENSIA. Detection of Mechanical Damage in Cherry Tomatoes Based on Fluorescent Imagery with Convolutional Neural Network. Supervised by MOHAMAD SOLAHUDIN and SLAMET WIDODO.

Cherry tomatoes are an economically important crop for Indonesia. However, until now, mechanical damage has often occurred at various stages, from harvest to storage. Damage detection is usually done manually through visual inspection. This process is susceptible to subjective, fatigue, and errors of view. The research aims to develop a damage detection method for cherry tomatoes using fluorescence imaging and a convolutional neural network (CNN) approach. The research results are expected to easier detect mechanical damage to cherry tomatoes more accurately, which can later be implemented in the sorting process. This research uses a type-c ultraviolet lamp, a longpass filter, a circular polarizer filter. The use of ultraviolet lights and camera filters to produce fluorescent images according to the characteristics of cherry tomatoes. This research uses the YOLOv8 algorithm on Google Colaboratory. This research consists of several stages: (1) dataset collection, (2) data identification and labeling, (3) training dataset, (4) deep learning model testing, and (5) analysis of functional test results of the deep learning model. The accuracy, precision, recall, and F1-score values were 95.33%; 100.00%; 87.78%, 93.49%. These results show that the model built can detect mechanical damage to cherry tomatoes with accuracy and precision.

Keywords: cherry tomatoes, CNN, damage detection, fluorescent, YOLO



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 2024
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 BUAH TOMAT CERI BERDASARKAN CITRA FLUORESEN DENGAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

TERSIA RALESMANTI INNOCENSIA

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
2024**

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

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. Liyantono, S.TP., M.Agr.



Judul Skripsi : Deteksi Kerusakan Mekanis Buah Tomat Ceri Berdasarkan Citra
Fluoresen dengan Metode *Convolutional Neural Network*

Nama : Tersia Ralesmanti Innocensia

NIM : F1401201099

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si.

Pembimbing 2:

Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Departemen

Teknik Mesin dan Biosistem:

Dr. Ir. Edy Hartulistyoso, M.Sc.Agr.

NIP. 196304251989031001

Tanggal Ujian:

2 Mei 2024

Tanggal Lulus:

(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan April 2024 ini ialah “Deteksi Kerusakan Mekanis Buah Tomat Ceri Berdasarkan Citra Fluoresen dengan Metode *Convolutional Neural Network*”. Penulis menyadari bahwa atas bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak telah membantu penulis dalam semua proses penyusunan ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena atas izin-Nya penyusunan skripsi ini dapat selesai.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan serta memotivasi penulis.
3. Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si. selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing serta memberikan pengarahan kepada penulis sehingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
4. Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing serta memberikan pengarahan kepada penulis sehingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
5. Dr. Liyantono, S.TP., M.Agr. selaku dosen penguji atas saran serta masukan yang diberikan untuk skripsi ini.
6. Dr. Ir. Dyah Wulandari, M.Si. selaku moderator pada saat sidang skripsi.
7. Dosen, staff, dan seluruh civitas Departemen Teknik Mesin dan Biosistem FATETA IPB yang telah memberikan ilmu bantuan selama studi.
8. Djarum Beasiswa Plus yang telah mendukung kegiatan penulis selama studi melalui bantuan biaya pendidikan dan program pengembangan diri.
9. Bang Yuvicko Gerhaen, Bang Fahri Desrizal, Kak Nurul Istiqomah, Bang Yosua Faskayana, dan Bang Aqwam Muhammad Hanisa yang telah membimbing dan memberikan bantuan, saran, masukan, serta dukungan selama proses penelitian.
10. Rizki Moch Rijaldi, Aisyah Vidienia, Albaihaqi Bagaskara, Safina Rahmani, Adela Puspa Arjani, Sabam Ade Cahya Simanullang, Ramgy Reggy Renata, M. Fachry Raditya, Siti Abidiya Wahyuni, M. Iqbal Maulana, Fahad Fauzan Al Munawar, dan Rifqi Ramadhan Karim yang telah menemani dan memberikan bantuan, saran, serta dukungan selama proses penelitian.
11. Teman-teman Departemen Teknik Mesin dan Biosistem angkatan 57 yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.

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

Bogor, April 2024

Tersia Ralesmanti Innocensia

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
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 Tomat Ceri	3
2.2 Pengolahan Citra	3
2.3 Fluoresen pada Citra	4
2.4 <i>Convolutional Neural Network</i>	5
2.5 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	6
2.6 Evaluasi Model	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Pengumpulan <i>dataset</i> tomat ceri	15
4.2 Identifikasi dan pelabelan data	17
4.3 <i>Training dataset</i>	19
4.4 Hasil uji <i>deep learning</i>	21
V SIMPULAN DAN SARAN	24
5.1 Simpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	28
RIWAYAT HIDUP	34



DAFTAR TABEL

1	<i>Confusion Matrix</i>	7
2	Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian	9
3	Rincian <i>dataset</i> yang digunakan	15
4	Hasil evaluasi model	21

DAFTAR GAMBAR

1	Buah tomat ceri	3
2	Contoh fluoresen pada citra	4
3	Contoh citra RGB dan citra fluoresen	5
4	Arsitektur CNN	5
5	Proses <i>fully connected layer</i> pada CNN	6
6	Ilustrasi cara kerja YOLO	7
7	Perangkat alat yang digunakan untuk pengambilan citra	10
8	Diagram alir prosedur kerja penelitian	11
9	Diagram alir pengumpulan dataset	12
10	Contoh <i>dataset</i> yang diolah	16
11	Contoh perbedaan citra RGB dan citra fluoresen pada tomat ceri	17
12	Contoh proses anotasi pada <i>dataset</i> baik	18
13	Contoh proses anotasi pada <i>dataset</i> memar	18
14	Contoh proses anotasi pada <i>dataset</i> sayat	18
15	Grafik <i>box loss</i> hasil <i>training</i>	20
16	Grafik <i>classification loss</i> hasil <i>training</i>	20
17	Contoh hasil deteksi kerusakan mekanis buah tomat ceri	21
18	Contoh <i>dataset</i> yang tidak terdeteksi	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Rincian jumlah <i>dataset</i> yang digunakan	29
2	Lampiran 2 Kode program model YOLOv8	30
3	Lampiran 3 Hasil <i>confusion matrix</i> YOLOv8 tahap <i>validation</i>	32
4	Lampiran 4 Hasil <i>confusion matrix</i> YOLOv8 tahap <i>testing</i>	33