

- 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.

SISTEM DETEKSI HAMA ULAT GRAYAK (*Spodoptera exigua*) PADA BAWANG MERAH (*Allium cepa* L.) MENGGUNAKAN METODE DEEP LEARNING BERBASIS RASPBERRY PI

DEO ALIF UTAMA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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 mengumunkan 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 “Sistem Deteksi Hama Ulat Grayak (*Spodoptera exigua*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* L.) Menggunakan Metode *Deep Learning* Berbasis Raspberry Pi” 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, Juni 2025

Deo Alif Utama
F1401211032

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

ABSTRAK

DEO ALIF UTAMA. Sistem Deteksi Hama Ulat Grayak (*Spodoptera exigua*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* L.) Menggunakan Metode *Deep Learning* Berbasis Raspberry Pi. Dibimbing oleh SETYO PERTIWI

Peningkatan konsumsi bawang merah tidak selalu diiringi dengan peningkatan produksinya karena berbagai kendala yang dapat menurunkan produktivitas tanaman. Salah satu kendala yang sering dihadapi petani dalam produksi bawang merah adalah Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Penelitian ini bertujuan merancang dan menciptakan sistem deteksi hama ulat grayak untuk membantu proses *monitoring* hama dengan menerapkan salah satu model *deep learning* yaitu YOLOv8 untuk pendeteksian hama yang tampak pada daun tanaman bawang merah. Penelitian ini menggunakan metode *deep learning* dengan algoritma YOLOv8 yang terdiri dari tahapan: (1) pengumpulan *dataset*, (2) pengolahan *dataset*, (3) pelabelan *dataset*, (4) *training dataset*, (5) perancangan dan pembuatan sistem, (6) pengujian model dan sistem, serta (7) evaluasi. Berdasarkan hasil penelitian, nilai evaluasi menggunakan *dataset testing*, YOLOv8 menghasilkan model terbaik dalam melakukan deteksi hama dengan nilai akurasi 96,87%, nilai presisi 95,35%, nilai *recall* 92,71% dan nilai *F1-Score* 94,05%. Pengujian langsung pada tanaman bawang merah juga menunjukkan bahwa model dan sistem yang dikembangkan tidak hanya memiliki performa yang baik selama proses pelatihan, tetapi juga mampu mendeteksi keberadaan ulat grayak dengan baik pada saat implementasi nyata di lingkungan pertanian.

Kata kunci: bawang merah, *deep learning*, efisien, *monitoring*, ulat grayak.

ABSTRACT

DEO ALIF UTAMA. Detection System for Shallot (*Allium cepa* L.) Armyworm (*Spodoptera exigua*) Using Deep Learning Method Based Raspberry Pi. Supervised by SETYO PERTIWI

The increasing consumption of shallots is not always accompanied by a corresponding rise in production, primarily due to various obstacles that can reduce crop productivity. One of the major challenges faced by farmers in shallot cultivation is the presence of Plant Pests and Diseases (PPD), particularly the beet armyworm (*Spodoptera exigua*). This study aims to design and develop a pest detection system specifically for detecting beet armyworms, utilizing a deep learning approach based on the YOLOv8 algorithm to identify visible pests on shallot leaves. The research methodology includes the following stages: (1) dataset collection, (2) dataset preprocessing, (3) dataset labelling, (4) model training, (5) system design and development, (6) model and system testing, and (7) evaluation. Based on the results, the evaluation using the test dataset shows that the YOLOv8-based model achieved high performance in pest detection, with an accuracy of 96.87%, precision of 95.35%, recall of 92.71%, and an F1-score of 94.05%. Field tests conducted directly on shallot crops further demonstrated that the developed model and system not only performed well during training but were also effective in real-world implementation for detecting the presence of beet armyworms in agricultural environments.

Keywords: shallot, deep learning, efficient, monitoring, armyworm.

- 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.

SISTEM DETEKSI HAMA ULAT GRAYAK (*Spodoptera exigua*) PADA BAWANG MERAH (*Allium cepa* L.) MENGGUNAKAN METODE DEEP LEARNING BERBASIS RASPBERRY PI

DEO ALIF UTAMA

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

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr
2. Dr. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr

Judul Skripsi : Sistem Deteksi Hama Ulat Grayak (*Spodoptera exigua*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* L.) Menggunakan Metode *Deep Learning* Berbasis Raspberry Pi

Nama : Deo Alif Utama
NIM : F1401211032

Disetujui oleh

Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Setyo Pertiwi M.Agr
NIP. 196002271985032001



Diketahui oleh

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



Tangga Ujian:
19 Juni 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala. Dzat yang hanya kepada-Nya memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari s.d. April 2025 dengan judul “Sistem Deteksi Hama Ulat Grayak (*Spodoptera exigua*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* L.) Menggunakan Metode *Deep Learning* Berbasis Raspberry Pi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Bapak Sukanda dan Ibu Susiati selaku orang tua yang selalu memberikan doa dan kasih sayangnya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan, serta Selin Lusiana selaku kakak kandung yang selalu memberikan dukungan, semangat dan masukan dalam menyelesaikan studi di IPB University,
2. Dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. Setyo Pertiwi, M.Agr yang telah membimbing dan banyak memberi saran serta masukan selama penyusunan skripsi,
3. Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr dan Dr. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr selaku dosen penguji yang telah memberi masukan demi terselesaikannya perbaikan skripsi ini,
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin dan Biosistem angkatan 58 (Resonance) atas semua kebersamaan, hiburan, kebahagiaan dan semangatnya,
5. Sabrina Amalina Sholihat yang telah menemani dan berkontribusi baik tenaga maupun materi serta semangat yang selalu diberikan untuk dapat menyelesaikan penelitian ini,
6. Ucapan terima kasih juga disampaikan untuk seluruh pihak yang bersedia meluangkan waktu dan bimbingannya untuk membantu penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi penulisan yang lebih baik. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

Deo Alif Utama

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hama Tanaman	4
2.2 Bawang Merah (<i>Allium cepa</i> L.)	5
2.3 Ulat Grayak Bawang Merah (<i>Spodoptera exigua</i>)	5
2.3.1 Taksonomi Ulat Grayak Bawang Merah	6
2.3.2 Morfologi Ulat Grayak Bawang Merah	6
2.4 Deep Learning	7
2.5 You Only Look Once (YOLO)	8
2.6 Confusion Matrix	11
2.7 Raspberry Pi	12
2.8 WebCam	13
III METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Prosedur Penelitian	15
3.3.1 Pengumpulan Dataset	16
3.3.2 Pengolahan Dataset	16
3.3.3 Training	17
3.3.4 Validasi	17
3.3.5 Perancangan Sistem	18
3.3.6 Implementasi Sistem	19
3.3.7 Pengujian Sistem	21
3.3.8 Analisis dan Evaluasi	21
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pengumpulan Dataset	22
4.2 Pelabelan dan Augmentasi Dataset	25
4.3 Training Model	29
4.4 Evaluasi Kinerja Model	33
4.5 Pengujian Model	35
4.6 Implementasi Model dan Pembuatan Sistem	37
4.7 Pengujian Sistem	42
V SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

1 <i>Pre-trained</i> model YOLOv8 dengan model COCO	11
2 <i>Confusion matrix</i>	11
3 Spesifikasi Raspberry Pi 4B	13
4 Spesifikasi Webcam Eyesec	14
5 Perangkat lunak yang digunakan	20
6 Jumlah <i>dataset</i> primer terkumpul	23
7 Perbandingan kinerja model <i>dataset</i> keseluruhan	30
8 Kinerja model instar 3-5	33
9 Hasil validasi model <i>dataset</i> keseluruhan	34
10 Nilai <i>accuracy</i> , <i>precision</i> , <i>recall</i> , dan <i>F1-score</i>	34
11 Contoh hasil pengujian model <i>dataset</i> keseluruhan	36
12 Contoh hasil pengujian sistem di luar ruangan	43
13 Contoh hasil pengujian sistem di dalam ruangan	45

DAFTAR GAMBAR

1 Tanaman terserang hama ulat grayak	4
2 Tanaman bawang merah	5
3 Ulat grayak bawang merah (<i>Spodoptera exigua</i>)	7
4 Arsitektur <i>deep learning</i>	7
5 Ilustrasi cara kerja algoritma YOLO	8
6 Penggunaan YOLO untuk deteksi hama dan penyakit	9
7 Perbandingan performa YOLO (Sholawetz 2023)	9
8 Arsitektur YOLOv8 (Sholawetz 2023)	10
9 <i>Board</i> fisik Raspberry Pi 4B	13
10 WebCam	14
11 <i>Flowchart</i> penelitian	15
12 Rancangan perangkat lunak	18
13 Skema rancangan perangkat keras	19
14 Arsitektur sistem	20
15 Ilustrasi pengujian sistem	21
16 Contoh <i>dataset</i> instar 1 hingga instar 5	22
17 Gejala gerakan adanya ulat grayak (Hidayani 2020)	22
18 Contoh <i>dataset</i> bukan ulat grayak	23
19 Contoh <i>dataset</i> dengan beragam kondisi	23
20 Contoh perbandingan pengambilan <i>dataset</i>	24
21 Contoh perbandingan <i>dataset</i> dua objek yang berdekatan	25
22 Contoh proses anotasi (pelabelan) gambar	26
23 <i>Intersection over Union</i> (IoU)	26
24 Perbandingan pemberian <i>bounding box</i> yang baik dan kurang baik	27

25 Nilai IoU	27
26 Contoh prediksi IoU	27
27 Contoh hasil augmentasi	28
28 Contoh proses <i>training</i>	29
29 Grafik evaluasi kinerja model dengan <i>epochs</i> 200	32
30 Tampilan Visual Studio Code dan potongan kode program deteksi	38
31 Lingkungan sistem	39
32 Tampilan Raspberry Pi Imager	40
33 Tampilan <i>interface</i> awal	41
34 Tampilan <i>interface</i> deteksi langsung dan unggah gambar	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses pengumpulan <i>dataset</i>	53
Lampiran 2 Segitiga Pengendalian Hama Terpadu (PHT)	54
Lampiran 3 Kode program untuk <i>training</i> model di Google Collaboratory	55
Lampiran 4 <i>Confusion matrix</i> model	56
Lampiran 5 Proses pengujian sistem	57
Lampiran 6 Riwayat hidup	58