

DETEKSI WERENG BATANG COKELAT DENGAN MODEL FASTER R-CNN DAN EFISIENSI PENGAMBILAN CONTOH MENGUNAKAN *SMALL AREA ESTIMATION*

FARHAN ALFIAN NUR



**PROGRAM STUDI ENTOMOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Deteksi Wereng Batang Cokelat dengan Model Faster R-CNN dan Efisiensi Pengambilan Contoh Menggunakan *Small Area Estimation*” 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 yang tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Farhan Alfian Nur
A3501221002

RINGKASAN

FARHAN ALFIAN NUR. Deteksi Wereng Batang Cokelat dengan Model Faster R-CNN dan Efisiensi Pengambilan Contoh Menggunakan *Small Area Estimation*. Dibimbing oleh ALI NURMANSYAH, I WAYAN WINASA, dan YENI HERDIYENI

Pemantauan secara berkala yang merupakan salah satu prinsip pengelolaan hama terpadu (PHT) adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai jenis, jumlah, maupun fase perkembangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) pada suatu lahan pertanian. Hasil pemantauan dijadikan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam kegiatan pengendalian OPT. Tantangan dalam pelaksanaan pengamatan OPT antara lain mencakup jumlah tanaman contoh yang perlu banyak dan area pengamatan yang luas yang menyebabkan bias dalam estimasi OPT. Metode pengamatan baru untuk OPT perlu dirancang untuk meningkatkan efisiensi kegiatan pengamatan OPT. Penelitian ini bertujuan menyusun metode pengamatan OPT menggunakan teknologi *object detection* dengan model *Faster Region based – Convolutional Neural Network* (Faster R-CNN) dan teknik *small area estimation* (SAE) dengan pendekatan kernel.

Data pada penelitian ini meliputi data primer berupa citra wereng batang cokelat (WBC) yang diambil di Rumah Kaca Kebun Cikabayan Departemen Proteksi Tanaman dan data sekunder berupa data pengamatan kerapatan populasi WBC di Kabupaten Subang pada bulan Maret – April 2024. Pembangunan model Faster R-CNN dimulai dari pelabelan objek WBC pada citra WBC, pemrosesan awal data, seleksi sampel data untuk *training dataset*, seleksi kombinasi *hyperparameter*, dan evaluasi model terbaik. Efisiensi ukuran contoh dalam estimasi kerapatan populasi WBC dilakukan menggunakan metode SAE Kernel, yaitu dimulai dengan mengestimasi kerapatan populasi WBC dengan metode *direct estimation* pada 100% dari total contoh atau 30 rumpun tanaman padi, melakukan estimasi kerapatan populasi WBC dengan metode SAE Kernel pada 10% - 100% ukuran contoh, dan menghitung nilai *relative efficiency* (RE). Ukuran contoh terbaik adalah ukuran contoh terkecil dengan nilai $RE \leq 1$.

Hasil penyusunan model Faster R-CNN menunjukkan bahwa kombinasi *hyperparameter* yang memberikan performa terbaik adalah $batch\ size = 2$, $momentum = 0,85$, $weight\ decay = 10^{-5}$, dan $epoch = 12$. Model deteksi WBC dengan kombinasi *hyperparameter* tersebut mampu menghasilkan nilai $mAP@0.5$ sebesar 87,77% dan $mAR@0,5$ sebesar 89,12% pada *testing dataset*. Ukuran contoh optimal dalam estimasi kerapatan WBC menggunakan metode SAE Kernel adalah 20% ukuran contoh metode *direct estimation* dengan memanfaatkan informasi tambahan berupa ketinggian tempat. Nilai *coefficient of variation* (CV) metode SAE Kernel pada ukuran contoh 20% sebesar 3,029% lebih kecil dibandingkan CV metode *direct estimation* pada 100% ukuran contoh yaitu 12,724%.

Model deteksi WBC dengan Faster R-CNN mampu mendeteksi secara baik objek WBC pada gambar dengan nilai $mAR@0,5$ dan $mAR@0,5$ lebih dari 87%. Metode SAE Kernel dengan informasi tambahan ketinggian tempat mampu mengefisienkan ukuran contoh hingga 80% dalam estimasi kerapatan WBC. Integrasi model deteksi menggunakan Faster R-CNN ResNet50 FPN dengan

metode SAE kernel berpotensi menciptakan sistem pengamatan OPT yang lebih baik. Otomatisasi penghitungan kerapatan OPT menggunakan model deteksi WBC dan metode SAE kernel mampu menghasilkan estimasi tingkat serangan OPT secara lebih efisien dan akurat.

Kata kunci : *deep learning*, deteksi objek, *hyperparameter tuning*, monitoring hama, regresi kernel

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



SUMMARY

FARHAN ALFIAN NUR. Detection of Brown Planthopper Using Faster R-CNN Model and Sample Efficiency with Small Area Estimation. Supervised by ALI NURMANSYAH, I WAYAN WINASA, dan YENI HERDIYENI

Regular monitoring, a fundamental principle of integrated pest management (IPM), is conducted to gather information on the type, quantity, and developmental stage of plant pests in agricultural fields. The results of this monitoring serve as the basis for decision-making in pest control activities. Challenges in observing plant pests include the need for many sample plants and extensive observation areas, which can lead to bias in pest estimation. Therefore, a new observation method for plant pests is necessary to enhance the efficiency of monitoring activities. This study aims to develop a plant pest observation method using object detection technology with the Faster Region-based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) model and small area estimation (SAE) techniques with a kernel approach.

The data in this study includes primary data in the form of images of brown planthoppers (BPH) taken at the Cikabayan Greenhouse, Department of Plant Protection, and secondary data consisting of BPH population density observations in Subang Regency during March-April 2024. The development of the Faster R-CNN model began with labelling BPH objects in the images, data preprocessing, sample data selection for the training dataset, hyperparameter combination selection, and evaluation of the best model. Sample size efficiency in estimating BPH population density was conducted using the SAE Kernel method, starting with direct estimation of BPH population density on 100% of the total samples or 30 clumps of rice plants, followed by SAE Kernel estimation on 10%-100% of the sample size, and calculating the relative efficiency (RE) value. The optimal sample size is the smallest sample size with an RE value ≤ 1 .

The results of the Faster R-CNN model development indicate that the hyperparameter combination yielding the best performance includes a batch size of 2, momentum of 0.85, weight decay of 10⁻⁵, and 12 epochs. The BPH detection model with these hyperparameters achieved an mAP@0.5 of 87.77% and an mAR@0.5 of 89.12% on the testing dataset. The optimal sample size for estimating BPH density using the SAE Kernel method is 20% of the sample size of the direct estimation method, utilizing additional information such as elevation. The coefficient of variation (CV) of the SAE Kernel method at a 20% sample size is 3.029%, which is smaller than the CV of the direct estimation method at a 100% sample size, which is 12.724%.

The BPH detection model using Faster R-CNN effectively detects BPH objects in images with mAR@0.5 and mAP@0.5 values exceeding 87%. The SAE Kernel method, with additional elevation information, efficiently reduces the sample size by up to 80% in estimating BPH density. Integrating a detection model using Faster R-CNN ResNet50 FPN with the SAE kernel method can enhance pest observation systems. Automating pest density calculations with this approach provides more efficient and accurate estimates of pest attack levels.

Keywords : deep learning, hyperparameter tuning, kernel regression, object detection, pests monitoring



- 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.



@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.

DETEKSI WERENG BATANG COKELAT DENGAN MODEL FASTER R-CNN DAN EFISIENSI PENGAMBILAN CONTOH MENGUNAKAN *SMALL AREA ESTIMATION*

FARHAN ALFIAN NUR

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Entomologi

**PROGRAM STUDI ENTOMOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Ir. Hermanu Triwidodo, M.Sc.
2. Dr. Ir. Ali Nurmansyah, M.Si.
3. Dr. Ir. I Wayan Winasa, M.S.
4. Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom.



IPB University

Bogor Indonesia

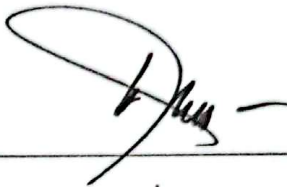
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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.

Judul Tesis : Deteksi Wereng Batang Cokelat dengan Model
Faster R-CNN dan Efisiensi Pengambilan Contoh
Menggunakan *Small Area Estimation*
Nama : Farhan Alfian Nur
NIM : A3501221002

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Ali Nurmansyah, M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. I Wayan Winasa, M.S.



Pembimbing 3:
Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom.

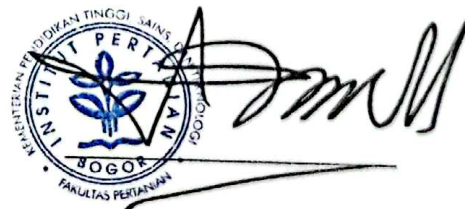


Diketahui oleh

Plt. Ketua Program Studi
Dr. Ir. Nina Maryana, M.Si.
NIP. 196209041987032002



Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003



Tanggal Ujian: 8 Januari 2025

Tanggal Lulus:

31 JAN 2025



@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.

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 Maret 2024 sampai bulan Juni 2024 ini ialah pengembangan metode monitoring hama tumbuhan, dengan judul “Deteksi Wereng Batang Cokelat dengan Model Faster R-CNN dan Efisiensi Pengambilan Contoh Menggunakan *Small Area Estimation*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Ir. Ali Nurmansyah, M.Si., Dr. Ir. I Wayan Winasa, M.S., dan Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Hermanu Triwidodo, M.Sc. sebagai penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Dudang M. Ridwan, S.P., Bapak Kikin, Bapak Tantan, dan Bapak Anto yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada bapak Sumarsono Widiaharjo (Alm.), Atiroh, serta keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

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

Bogor, Januari 2025

Farhan Alfian Nur



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Wereng Batang Cokelat	3
2.2 Faster R-CNN	4
2.3 <i>Hyperparameter Tuning</i> dengan Metode <i>Grid Search</i>	6
2.4 <i>K-Fold Cross Validation</i>	6
2.5 Evaluasi Model Deteksi Objek Berbasis <i>Deep Learning</i>	7
2.6 <i>Small Area Estimation</i>	9
2.7 Pendekatan Kernel pada <i>Small Area Estimation</i>	9
III BAHAN DAN METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
3.2.1 Metode Pengumpulan Data	11
3.2.2 Pembangunan Model Deteksi WBC	12
3.2.3 Efisiensi Ukuran Contoh pada Monitoring Populasi WBC	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Model Deteksi WBC	14
4.1.1 Seleksi Sampel Data Latih	14
4.1.2 Pemilihan Kombinasi <i>Hyperparameter</i>	14
4.1.3 Evaluasi dan Analisis Performa Model Deteksi WBC	16
4.2 Efisiensi Ukuran Contoh pada Monitoring Populasi WBC	21
4.2.1 Estimasi Kerapatan WBC dengan Metode <i>Direct Estimation</i>	21
4.2.2 Estimasi Kerapatan WBC dengan Metode SAE Kernel	22
4.2.3 Efisiensi Ukuran Contoh dengan Metode SAE Kernel	24
4.2.4 Evaluasi Kualitas Estimasi pada Ukuran Contoh Optimal	24
4.3 Pembahasan Umum	26
V SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
RIWAYAT HIDUP	31

DAFTAR TABEL

3.1	<i>Hyperparameter</i> yang diuji	12
4.1	Seleksi sampel data latih dengan metode <i>k-fold cross validation</i>	14
4.2	Hubungan antara <i>hyperparameter</i> terhadap nilai $mAP@0,50:0,95$ dan $mAR@0,50:0,95$	15
4.3	Hasil estimasi populasi WBC per rumpun dengan metode <i>direct estimation</i> dan SAE Kernel	23
4.4	Hasil estimasi populasi WBC per rumpun menggunakan metode <i>direct estimation</i> dengan 100% tanaman contoh dan SAE Kernel dengan 20% tanaman contoh	25

DAFTAR GAMBAR

2.1	Telur WBC	3
2.2	Nimfa WBC	4
2.3	Imago WBC	4
2.4	Arsitektur model Faster R-CNN	5
2.5	<i>Region proposal network</i>	5
2.6	<i>Hyperparameter search</i> dengan metode <i>grid search</i>	6
2.7	Skema metode <i>k-fold cross validation</i> dengan $k = 5$	7
2.8	<i>Confusion matrix</i>	7
3.1	Alur penelitian	11
3.2	Alur pembangunan model deteksi WBC dengan Faster R-CNN	12
3.3	Alur efisiensi ukuran contoh dalam estimasi kerapatan WBC menggunakan metode SAE Kernel	13
4.1	Nilai $mAP@0,50:0,95$ dan $mAR@0,50:0,95$ pada pelbagai kombinasi <i>hyperparameter</i>	15
4.2	Nilai <i>loss total</i> pada proses <i>training</i>	16
4.3	Nilai <i>loss of classification</i> pada proses <i>training</i>	17
4.4	Nilai <i>loss of bounding box</i> pada proses <i>training</i>	17
4.5	<i>Confusion matrix</i> model deteksi WBC terhadap dataset uji	18
4.6	Hasil deteksi benar oleh model deteksi WBC	19
4.7	Hasil deteksi salah oleh model deteksi WBC	20
4.8	Estimasi kerapatan populasi WBC dengan metode <i>direct estimation</i>	21
4.9	<i>Bandwidth</i> optimal regresi kernel	22
4.10	Nilai <i>relative efficiency</i> metode SAE Kernel pada pelbagai ukuran contoh terhadap metode <i>direct estimation</i> pada ukuran contoh 30 rumpun tanaman padi	24
4.11	Sebaran nilai CV metode <i>direct estimation</i> dan metode SAE Kernel per lahan pengamatan	25