

APLIKASI ALGORITMA FASTER R-CNN, SSD-MOBILENET, DAN YOLOV5 UNTUK IDENTIFIKASI DAN KUANTIFIKASI IKAN KARANG

SYIFA AFNANI SANTOSO



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
SEKOLAH PASCASARJANA
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

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 “Aplikasi Algoritma Faster R-CNN, SSD-MobileNet, dan YOLOv5 untuk Identifikasi dan Kuantifikasi Ikan Karang” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juli 2024

Syifa Afnani Santoso
C5502202012

- 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 mengumumkannya 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.



RINGKASAN

SYIFA AFNANI SANTOSO. Aplikasi Algoritma Faster R-CNN, SSD-MobileNet, dan YOLOv5 untuk Identifikasi dan Kuantifikasi Ikan Karang. Dibimbing oleh INDRA JAYA dan KARLISA PRIANDANA.

Terumbu karang adalah ekosistem yang sangat kompleks dan menawarkan banyak keuntungan ekologis dan ekonomis di wilayah pesisir. Akan tetapi, aktivitas manusia sekitar pantai telah menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang. Salah satu indikator kesehatan ekosistem terumbu karang adalah keberadaan ikan dari famili Chaetodontidae, yang keanekaragamannya terkait erat dengan kesehatan terumbu karang, sehingga monitoring kelimpahannya dinilai penting untuk pemantauan kesejahteraan ekosistem terumbu karang. Pendekatan umum seperti *Underwater Visual Census* (UVC) memiliki berbagai tantangan dalam pengumpulan data ikan karang. Teknologi *Deep Learning* (DL) menawarkan solusi yang canggih dengan kemampuan memproses data besar dan kompleks secara otomatis. Integrasi DL dalam *Autonomous Underwater Vehicles* (AUV) dapat meningkatkan efisiensi pemantauan ikan karang secara *real-time*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi beberapa model DL dalam identifikasi dan kuantifikasi ikan karang menggunakan AUV, memberikan rekomendasi optimal untuk pemantauan ekosistem terumbu karang.

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data gambar ikan spesies Chaetodontidae. Dataset dibagi menggunakan metode *10-fold cross validation* untuk memastikan model yang dilatih memperoleh generalisasi yang baik. Data ini kemudian digunakan untuk melatih tiga model algoritma DL: Faster R-CNN, SSD-MobileNet, dan YOLOv5. Uji validasi dilakukan guna menentukan model dengan akurasi terbaik dari masing-masing algoritma, selanjutnya diimplementasikan secara *real-time* untuk perhitungan nilai *framerate*. Model yang paling cepat dan akurat kemudian diimplementasikan pada Raspberry Pi 4 dan diuji kembali dengan dan tanpa Coral USB Accelerator untuk melihat perbedaan kecepatan identifikasi. Hasil akhir penelitian ini memberikan rekomendasi implementasi model pada wahana AUV untuk pemantauan ekosistem terumbu karang.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan YOLOv5 memiliki akurasi tertinggi sebesar 99,6%, diikuti oleh Faster R-CNN dengan 99,31%, dan SSD-MobileNet dengan 92,21%. Hal tersebut berbeda dalam uji kecepatan komputasi, SSD-MobileNet unggul dengan *framerate* 1,24 fps, lebih tinggi dibandingkan YOLOv5 dengan 0,65 fps dan Faster R-CNN dengan 0,1 fps. SSD-MobileNet dipilih karena memiliki keseimbangan akurasi dan kecepatan yang baik. Algoritma pelacakan centroid digunakan untuk menghitung ikan secara efektif. Penambahan Coral USB Accelerator pada Raspberry Pi 4 meningkatkan kecepatan komputasi hingga 10 kali lipat, menghasilkan sistem dengan kecepatan 30 fps, akurasi 87,18%, dan presisi 87,54%. Hasil ini menunjukkan bahwa teknologi ini berpotensi diaplikasikan pada AUV, khususnya dalam membantu pengumpulan data ikan secara akurat dan efisien serta mendukung penelitian bawah air dan upaya konservasi.

Kata kunci: Deteksi objek, Faster R-CNN, SSD MobileNet, YOLOv5, pelacakan centroid



SUMMARY

SYIFA AFNANI SANTOSO. Application of Faster R-CNN, SSD-MobileNet, and YOLOv5 Algorithms for Reef Fish Identification and Quantification. Supervised by INDRA JAYA and KARLISA PRIANDANA.

Coral reefs are very complex ecosystems and offer many ecological and economic benefits in coastal areas. However, human activities around the coast have caused damage to the coral reef ecosystem. One indicator of the health of coral reef ecosystems is the presence of fish from the Chaetodontidae family, whose diversity is closely related to the health of coral reefs, so monitoring their abundance is considered important for monitoring the welfare of coral reef ecosystems. Common approaches such as the Underwater Visual Census (UVC) have various challenges in collecting reef fish data. Deep Learning (DL) technology offers sophisticated solutions with the ability to process large and complex data automatically. The integration of DL in Autonomous Underwater Vehicles (AUV) can increase the efficiency of real-time reef fish monitoring. Therefore, this study aims to evaluate the efficiency of several DL models in the identification and quantification of reef fish using AUV, providing optimal recommendations for monitoring coral reef ecosystems.

The research began with collecting data on images of Chaetodontidae fish species. The dataset is divided using the 10-fold cross validation method to ensure the trained model obtains good generalization. This data is then used to train three DL algorithm models: Faster R-CNN, SSD-MobileNet, and YOLOv5. Validation tests are carried out to determine the model with the best accuracy for each algorithm, then implemented in real-time to calculate framerate values. The fastest and most accurate model was then implemented on a Raspberry Pi 4 and tested again with and without Coral USB Accelerator to see the difference in identification speed. The final results of this research provide recommendations for implementing models on AUV vehicles for monitoring coral reef ecosystems.

The results of this research show that YOLOv5 has the highest accuracy at 99.6%, followed by Faster R-CNN with 99.31%, and SSD-MobileNet with 92.21%. This is different in the computing speed test, SSD-MobileNet is superior with a framerate of 1.24 fps, higher than YOLOv5 with 0.65 fps and Faster R-CNN with 0.1 fps. SSD-MobileNet was chosen because it has a good balance of accuracy and speed. A centroid tracking algorithm is used to count fish effectively. The addition of Coral USB Accelerator to the Raspberry Pi 4 increases computing speed by 10 times, resulting in a system with a speed of 30 fps, 87.18% accuracy, and 87.54% precision. These results show that this technology has the potential to be applied to AUVs, particularly in helping to collect fish data accurately and efficiently and supporting underwater research and conservation efforts.

Keywords: Object detection, Faster R-CNN, SSD MobileNet, YOLOv5, centroid tracking



© 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.

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.



APLIKASI ALGORITMA FASTER R-CNN, SSD-MOBILENET, DAN YOLOV5 UNTUK IDENTIFIKASI DAN KUANTIFIKASI IKAN KARANG

SYIFA AFNANI SANTOSO

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknologi Kelautan

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@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 Tesis:

- 1 Prof. Henry Munandar Manik, S.Pi., M.T., Ph.D.



@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.



Judul Tesis : Aplikasi Algoritma Faster R-CNN, SSD-MobileNet, dan YOLOv5 untuk Identifikasi dan Kuantifikasi Ikan Karang

Nama : Syifa Afnani Santoso
NIM : C5502202012

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh



Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc



Pembimbing 2:
Dr. Karlisa Priandana, ST, M.Eng

Diketahui oleh



Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si
NIP. 19660721 199103 1 009

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc
NIP. 19630731 198803 1 002

Tanggal Ujian:
29 Mei 2024

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 Maret sampai bulan September 2022 ini ialah Deep Learning, dengan judul “Aplikasi Algoritma Faster R-CNN, SSD-MobileNet, dan YOLOv5 untuk Identifikasi dan Kuantifikasi Ikan Karang”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc dan Dr. Karlisa Priandana, ST, M.Eng yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis. Penulis ucapkan terimakasih juga kepada Dhea Fajriati Anas, Husnul Khatimah, Nurhaliza Amalia Lestari dan semua pihak yang telah membantu dan menjadi teman diskusi dalam penelitian ini.

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

Bogor, Juli 2024

Syifa Afnani Santoso



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	6
2.4 Pengumpulan dan Pelabelan Data	7
2.5 Perancangan Algoritma	8
2.6 <i>Training</i> Dataset	12
2.7 Uji Validasi	13
2.8 Uji Kecepatan Komputasi	14
2.9 Perbandingan Akurasi dan Kecepatan Model	14
2.10 Implementasi Model ke Perangkat Raspberry Pi 4	15
III HASIL DAN PEMBAHASAN	16
3.1 Akurasi Model Hasil Training	16
3.2 Kecepatan Komputasi Model Terbaik	17
3.3 Meningkatkan Kecepatan Komputasi	19
3.4 Implementasi Sistem pada Video	20
3.5 Implementasi Sistem secara <i>Real-time</i>	21
IV SIMPULAN DAN SARAN	25
4.1 Simpulan	25
4.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	34

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.

DAFTAR TABEL

1	Alat yang digunakan dalam penelitian	5
2	Bahan yang digunakan dalam penelitian	5
3	Keterangan jumlah label spesies ikan yang akan diidentifikasi	8
4	Perbandingan kinerja model Faster R-CNN, YOLO, dan SSD	11
5	Perbandingan akurasi model hasil <i>training</i> untuk algoritma Faster-RCNN, SSD-MobileNet, dan YOLOv5 dengan <i>10-fold cross validation</i>	16
6	Perbandingan nilai <i>objective function</i> dengan <i>input</i> nilai <i>framerate</i> dan akurasi ketiga model terpilih	18
7	Rangkuman hasil uji kinerja sistem identifikasi dan kuantifikasi <i>real-time</i>	23

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir prosedur penelitian	6
2	Ilustrasi pengambilan video bawah air menggunakan AUV	7
3	Ilustrasi penyusunan dataset dengan <i>10-fold cross validation</i>	8
4	Contoh pendeteksian objek menggunakan RPN	9
5	<i>Framework</i> model SSD	10
6	Contoh pendeteksian objek dengan YOLO	10
7	Ilustrasi pelacakan <i>centroid</i>	12
8	Tahapan propagasi pada training dataset	13
9	Contoh output pendeteksian uji gambar	16
10	Contoh tampilan uji komputasi model	18
11	Perbandingan kecepatan komputasi antara penambahan dan tanpa penambahan Coral USB Accelerator pada Raspberry Pi 4	19
12	Sistem berhasil melacak dan menandai ikan yang terekam	21
13	Tampilan file csv setelah menjalankan sistem identifikasi dan kuantifikasi pada video	21
14	Rangkaian <i>hardware</i> untuk implementasi model	22
15	Hasil pendeteksian ikan secara <i>real-time</i> pada Raspberry Pi 4 menggunakan <i>webcam</i> dan Coral USB Accelerator	22
16	Tampilan file csv setelah menjalankan sistem identifikasi dan kuantifikasi secara <i>real-time</i>	23

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Contoh gambar yang dijadikan dataset input model DL	31
2	Lampiran 2 <i>Syntax</i> pelacakan centroid	32