

**IDENTIFIKASI SPESIES MANGROVE BERBASIS CITRA
MULTI-ORGAN MENGGUNAKAN *ENSEMBLE* RF-DETR-
EFFICIENTDET**

TUGAS AKHIR



Dimas Adrian Arifin

NIM. 2201020118

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

**IDENTIFIKASI SPESIES MANGROVE BERBASIS CITRA
MULTI-ORGAN MENGGUNAKAN ENSEMBLE RF-DETR-
EFFICIENTDET**

Tugas Akhir

Skema Skripsi

Usulan Tugas Akhir diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Informatika



Dimas Adrian Arifin

NIM. 2201020118

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

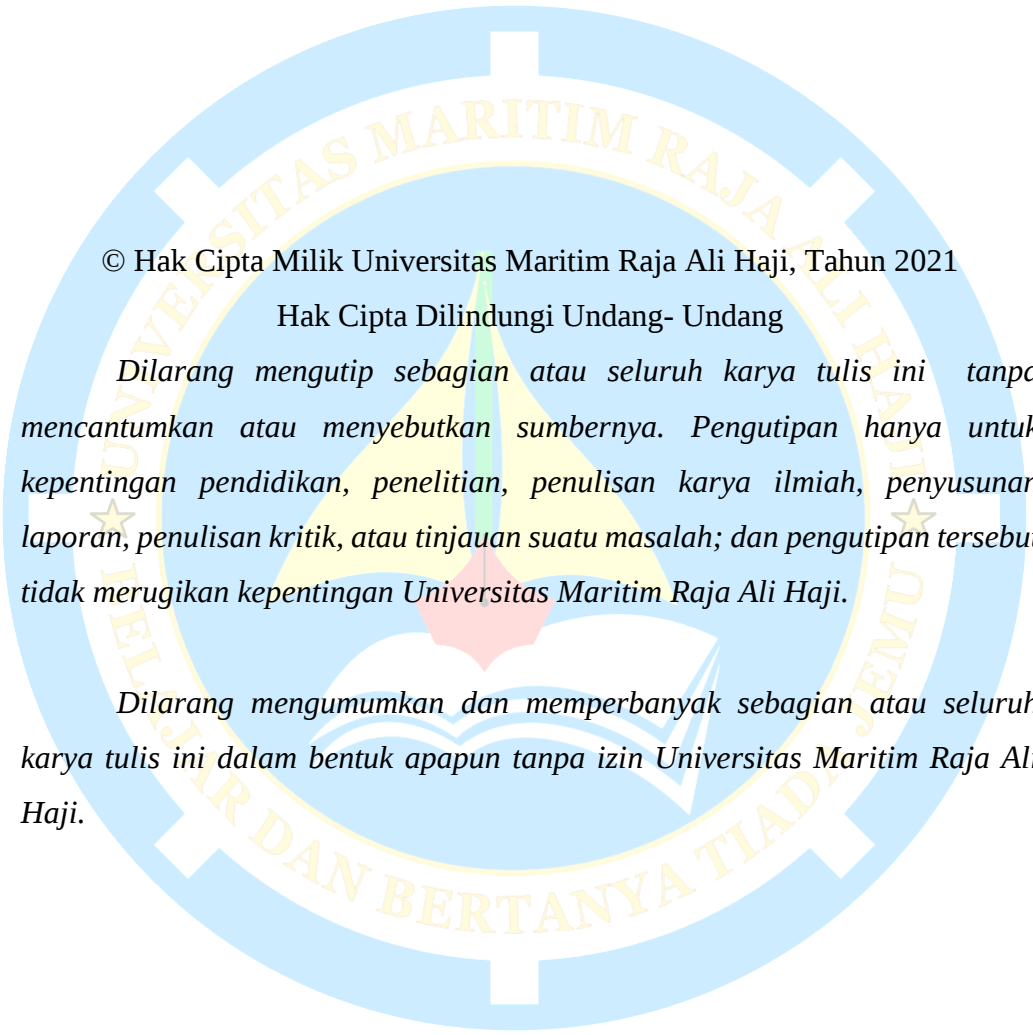
Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “Identifikasi Spesies *Mangrove* Berbasis Citra *Multi-Organ* Menggunakan *Ensemble RF-DETR-EfficientDet*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber 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.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Tanjungpinang, 26 Juni 2026



Dimas Adrian Arifin
NIM 2201020118



© Hak Cipta Milik Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tahun 2021

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 Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Maritim Raja Ali Haji.

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Identifikasi Spesies *Mangrove* Berbasis Citra *Multi-Organ* Menggunakan *Ensemble RF-DETR-EfficientDet*
Nama : Dimas Adrian Arifin
NIM : 2201020118
Program Studi : Teknik Informatika
Tanggal Persetujuan :

Disetujui oleh,
Komisi Pembimbing



Nola Ritha, S.T., M.Cs.
(Ketua)



Nurul Hayaty, S.T., M.Cs.
(Anggota)

HALAMAN PENGESAHAN

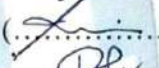
Judul : Identifikasi Spesies *Mangrove* Berbasis Citra
Multi-Organ Menggunakan *Ensemble* RF-
DETR-EfficientDet

Nama : Dimas Adrian Arifin

NIM : 2201020118

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

KOMISI PENGUJI

Ketua	: Ferdi Chahyadi, S.Kom., M.Cs.	()
Anggota I	: Berta Erwin Slam, S.T., M.Kom.	()
Anggota II	: Rifaldi Herikson, S.Kom., M.Kom.	()
Anggota III	: Nola Ritha, S.T., M.Cs.	()
Anggota IV	: Nurul Hayaty, S.T., M.Cs.	()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika



Hollanda Arlef Kusuma, S.IK., M.Si
NIP. 19890401 201903 1 016

Tanggal Ujian: 26 Juni 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam tugas akhir yang penelitiannya dilaksanakan sejak Oktober 2025 ini ialah penerapan deep learning untuk identifikasi keanekaragaman hayati, dengan judul **“Identifikasi Spesies Mangrove Berbasis Citra Multi-Organ Menggunakan Ensemble RF-DETR-EfficientDet”**.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Nola Ritha, S.T., M.Cs. selaku ketua pembimbing dan Ibu Nurul Hayaty, S.T., M.Cs. selaku anggota pembimbing yang telah banyak memberi arahan, bimbingan, dan saran selama penyusunan tugas akhir ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Henky Irawan, S.Pi, M.P., M.Sc. dari Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Program Studi Budidaya Perairan yang telah memberikan validasi dari spesies *mangrove* yang telah penulis kumpulkan, serta kepada Bapak Iwan Winarto di Pengudang yang telah membantu kelancaran pengambilan data di lapangan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bryan Pratama Ramadhan, Tristan Fernando Lumban Gaol, Rizsky Parsadanta Rajagukguk yang telah membantu dalam proses pengumpulan dataset. Tidak lupa, penulis menyampaikan terima kasih kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan kasih sayangnya, dan kepada teman-teman seperjuangan atas dukungan serta kebersamaannya.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya.

Tanjungpinang, 26 Juni 2026



Dimas Adrian Arifin

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Batasan Penelitian	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN LITERATUR	6
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori.....	8
1. <i>Mangrove</i>	8
2. Deteksi Objek	9
3. Tantangan Deteksi Objek di Lingkungan Alami	9
4. Arsitektur Berbasis CNN (<i>Convolutional Neural Network</i>).....	10
5. EfficientDet.....	11
5.1 Penskalaan Majemuk (<i>Compound Scaling</i>).....	13

5.2	Ekstraksi Fitur pada <i>Backbone</i>	14
5.3	Fusi Fitur Multi-Skala Menggunakan BiFPN (<i>Fast Normalized Fusion</i>)	15
5.4	<i>Prediction Head</i>	17
6.	Arsitektur Berbasis <i>Transformer</i>	18
7.	DETR (<i>DEtection TRansformer</i>)	20
8.	RF-DETR.....	22
8.1	<i>Patch Embedding</i> (ViT/DINOv2)	24
8.2	<i>Self Attention</i>	24
8.3	<i>Projector Neck</i> (<i>Layer Normalization</i>).....	25
8.4	<i>Deformable Attention</i> (<i>Encoder-Decoder</i>)	25
8.5	<i>Prediction Head</i>	26
8.6	<i>Set Prediction</i> dan <i>Hungarian Matching</i>	26
8.7	<i>Loss Function</i> (<i>Focal+L1+GIoU</i>)	27
9.	<i>Ensemble Learning</i>	28
10.	<i>Weighted Boxes Fusion</i>	28
10.1	<i>Intersection over Union</i> (IoU)	30
10.2	Inisialisasi dan Pengurutan Kotak Prediksi	30
10.3	Pencocokan dan Pengelompokan Berbasis IoU	30
10.4	Perhitungan Fusi Rata-Rata Berbobot	31
10.5	Perhitungan dan Kalibrasi Skor Kepercayaan (<i>Rescaling</i>)	31
11.	Metrik Evaluasi.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		36
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	36
B.	Bahan dan Alat	37
C.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	39

1.	Studi Literatur	39
2.	Identifikasi Masalah.....	39
3.	Pengumpulan Data	40
4.	Pra-pemrosesan Data	40
5.	Perancangan Arsitektur.....	41
6.	Pelatihan Model	41
7.	Pengujian Model.....	42
8.	Evaluasi Kinerja Model	42
9.	Analisis Komparatif.....	43
10.	Penarikan Kesimpulan	43
11.	Penyusunan Laporan.....	43
D.	Perancangan Sistem	43
1.	Arsitektur Umum Rancangan Sistem	43
2.	★ Perancangan Antarmuka Pengguna (GUI)	46
E.	Analisis Data	48
1.	Perhitungan Manual EfficientDet	48
1.1	Penskalaan Resolusi Input (<i>Compound Scaling</i>).....	48
1.2	Ekstraksi Fitur <i>Backbone</i>	49
1.3	Fusi Fitur BiFPN (<i>Fast Normalized Fusion</i>).....	50
1.4	<i>Prediction Head</i>	51
2.	Perhitungan Manual RF-DETR	52
2.1	<i>Patch Embedding</i>	52
2.2	<i>Self-Attention (Backbone DINOv2)</i>	52
2.3	<i>Projector Neck – Layer Normalization</i>	53
2.4	<i>Deformable Cross-Attention (Decoder, K=2)</i>	53
2.5	<i>Prediction Head (Anchor-Free)</i>	54

2.6	<i>Set Prediction & Hungarian Matching</i>	54
2.7	Perhitungan <i>Loss</i>	54
3.	Perhitungan Manual <i>Weighted Boxes Fusion</i>	55
3.1	Pencocokan IoU dan Klasterisasi	55
3.2	Fusi Rata-Rata Berbobot Matriks Koordinat.....	55
3.3	Kalibrasi <i>Confidence Score</i>	56
G.	Jadwal Penelitian.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		58
A.	Hasil Pengumpulan Data dan Pra-pemrosesan Data.....	58
1.	Sumber dan Pengumpulan Data.....	58
2.	Distribusi <i>Dataset</i>	59
3.	Pembagian <i>Dataset</i>	60
4.	Pra-pemrosesan Citra.....	61
5.	★ <i>Augmentasi Data</i>	61
B.	Konfigurasi Pelatihan Model	63
1.	Lingkungan dan Perangkat Eksperimen	63
2.	Konfigurasi Pelatihan <i>EfficientDet-D0</i>	63
3.	Konfigurasi Pelatihan <i>RF-DETR-Small</i>	64
4.	Konfigurasi Ensemble <i>Weighted Boxes Fusion</i>	65
5.	Protokol Evaluasi.....	65
C.	Hasil Pelatihan Skenario 1 (<i>EfficientDet-D0</i>).....	66
1.	Dinamika Pelatihan.....	66
2.	Hasil Evaluasi Kuantitatif.....	68
3.	Pembahasan	70
D.	Hasil Pelatihan Skenario 2 (<i>RF-DETR-S</i>)	71
1.	Dinamika Pelatihan.....	71

2.	Hasil Evaluasi Kuantitatif.....	73
3.	Pembahasan	74
E.	Hasil Pelatihan Skenario 3 (Ensemble-WBF).....	75
1.	Konfigurasi dan Pencarian Parameter Optimal (Grid Search).....	75
2.	Hasil Evaluasi Kuantitatif Keseluruhan.....	76
3.	Pembahasan	77
F.	Perbandingan Kuantitatif Ketiga Skenario.....	78
1.	Perbandingan Keseluruhan	78
2.	Perbandingan per Organ	79
3.	Perbandingan per Spesies	80
4.	Analisis per Kelas dan Kontribusi Ensemble	81
5.	Pembahasan	83
G.	Hasil Implementasi Antarmuka Sistem.....	86
1.	★ Teknologi dan Realisasi.....	86
2.	Alur Kerja Sistem	86
3.	Hasil Agregasi Bukti Lintas Organ dan Konsensus Antarpendekatan	88
4.	Pembahasan	89
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		90
A.	Kesimpulan	90
B.	Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN.....		96

DAFTAR TABEL

Table 1. Bahan yang digunakan	38
Table 2. Alat yang digunakan	38
Table 3. Rencana pelaksanaan penelitian.....	57
Tabel 4. Distribusi citra dan anotasi tiap kelas sebelum augmentasi.....	59
Tabel 5. Pembagian <i>Dataset</i>	61
Tabel 6. Distribusi anotasi data latih setelah augmentasi	62
Tabel 7. Spesifikasi lingkungan eksperimen.....	63
Tabel 8. Konfigurasi pelatihan EfficientDet-D0.....	63
Table 9. Konfigurasi pelatihan RF-DETR-Small.....	64
Table 10. Konfigurasi <i>ensemble</i> WBF	65
Tabel 11. Ringkasan kinerja EfficientDet-D0.....	68
Tabel 12. <i>Precision, Recall, F1-Score</i> per kelas EfficientDet-D0.....	69
Table 13. Ringkasan kinerja RF-DETR-Small	73
Table 14. <i>Precision, Recall, dan F1-Scores</i> per kelas RF-DETR-Small	74
Tabel 15. Ringkasan kinerja keseluruhan model <i>ensemble</i> (WBF)	76
Tabel 16. Kinerja mAP per kelas pada model <i>ensemble</i> (WBF)	76
Tabel 17. Perbandingan Map keseluruhan tiga skenario (data uji).....	78
Tabel 18. Rata-rata AP per organ pada ketiga skenario.....	79
Tabel 19. Rata-rata AP@0.5:0.95 per spesies pada ketiga skenario.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) (Sumber: [18])	11
Gambar 2. Arsitektur EfficientDet (Sumber: [19])	12
Gambar 3. Arsitektur Transformer (Sumber: [28])	20
Gambar 4. Arsitektur DETR (Sumber: [28])	21
Gambar 5. Arsitektur RF-DETR (Sumber: [10])	23
Gambar 6. Skema ilustrasi perbandingan antara NMS/ <i>soft-NMS</i> dengan WBF (Sumber: [37])	29
Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian	37
Gambar 8. Diagram Alir Prosedur Penelitian	39
Gambar 9. Diagram Alir Rancangan Sistem	44
Gambar 10. Rancangan Antarmuka Pengguna	47
Gambar 11. 27 kelas <i>mangrove</i> objek penelitian	58
Gambar 12. Contoh Citra Mentah Tiap Organ (Bunga, Daun, Akar)	60
Gambar 13. Contoh Citra Teranotasi (<i>Bounding Box</i> +Label) pada Roboflow	60
Gambar 14. Contoh hasil augmentasi citra	62
Gambar 15. Kurva loss pelatihan dan validasi EfficientDet-D0	67
Gambar 16. Kurva mAP validasi EfficientDet-D0	67
Gambar 17. <i>Confusion matrix</i> EfficientDet	69
Gambar 18. Contoh visual akar napas	71
Gambar 19. Kurva loss pelatihan dan validasi RF-DETR-Small	72
Gambar 20. Kurva mAP validasi RF-DETR-Small	72
Gambar 21. <i>Confusion matrix</i> RF-DETR-Small	73
Gambar 22. Hasil uji deteksi akar <i>sonneratia alba</i> (akar napas)	75
Gambar 23. Perbandingan mAP keseluruhan tiga skenario	79
Gambar 24. Rata-rata AP per organ pada ketiga skenario	80
Gambar 25. Rata-rata AP@0.5:0.95 per spesies	81
Gambar 26. Perbandingan AP@0.5:0.95 per kelas pada ketiga skenario	82
Gambar 27. Tampilan halaman utama antarmuka	87
Gambar 28. Contoh hasil identifikasi spesies pada antarmuka	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengumpulan <i>dataset mangrove</i>	96
Lampiran 2. 27 Contoh gambar dari masing masing kelas.....	97

