

MODEL *TRANSFER LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI IKAN PADA LINGKUNGAN *HIGH PERFORMANCE COMPUTING*

FLORECITA PRAMESWARI



**PROGRAM MAGISTER ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “*Model Transfer Learning* Untuk Klasifikasi Ikan Pada Lingkungan *High Performance Computing*” 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, November 2025

Florecita Prameswari
G6501231032

- 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

FLORECITA PRAMESWARI. Model *Transfer Learning* Untuk Klasifikasi Ikan Pada Lingkungan *High Performance Computing*. Dibimbing oleh TOTO HARYANTO dan HENDRA RAHMAWAN.

Keanekaragaman hayati perairan memegang peran penting dalam menjaga struktur, stabilitas, dan kesehatan ekosistem akuatik. Namun dalam beberapa dekade terakhir seiring dengan banyaknya aktivitas yang dilakukan manusia mulai dari perikanan, perubahan iklim serta meningkatkan pembangunan pesisir membuat upaya konservasi menjadi semakin menantang ditambah dengan adanya perhatian publik dalam hal ini. Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk melindungi keanekaragaman hayati perairan adalah melakukan pemantauan yang berkelanjutan melalui pengenalan spesies dan identifikasi fungsional secara cepat dan efisien. Berbagai macam dataset citra telah dikembangkan untuk mendukung pemantauan berkelanjutan pada penelitian klasifikasi ikan, salah satunya adalah *dataset* FishNet. FishNet merupakan *dataset* berskala besar dan beragam secara taksonomi namun distribusi antar kelasnya tidak merata sehingga mempengaruhi kemampuan model dalam generalisasi pada kelas minoritas. Beberapa kombinasi fungsi loss yaitu *class-balanced loss*, *focal loss*, dan kombinasi keduanya digunakan untuk mengatasi masalah tersebut namun hasilnya belum menunjukkan performa yang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi model penelitian sebelumnya serta menganalisis peningkatan kinerja komputasi selama *hyperparameter tuning* dan pelatihan model di NVIDIA DGX A100. Penelitian ini menerapkan *transfer learning* menggunakan ResNet152 dan EfficientNetV2 pada dataset FishNet target klasifikasi pada tingkat famili dan ordo. ResNet152 digunakan untuk menilai apakah semakin banyak lapisan pada jaringan dapat meningkatkan kemampuan ekstraksi fitur dan akurasi klasifikasi dibandingkan varian sebelumnya. Penelitian sebelumnya belum mengeksplorasi arsitektur yang berfokus pada efisiensi komputasi sehingga EfficientNetV2 dipertimbangkan pada penelitian ini karena dirancang untuk efisiensi komputasi melalui penggunaan *fused-MBConv blocks* dan strategi *progressive scalling*. Strategi pelatihan yang digunakan mencakup kombinasi *class-balanced focal loss* sebagai fungsi loss, augmentasi khusus pada kelas minoritas, serta *hyperparameter tuning* menggunakan *bayesian optimization* dengan *surrogate* modelnya *tree-structured parzen estimator*. Analisis peningkatan kinerja akurasi dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *multi-instance GPU* (MIG). MIG digunakan sebagai lingkungan komputasi untuk membandingkan peningkatan kinerja komputasi antara *single-GPU* dan *multi-GPU* dengan CPU sebagai *baseline*. Data yang digunakan adalah *dataset* FishNet dengan tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data, kemudian praproses data yaitu *resize* ukuran citra, augmentasi data yang dilakukan secara *offline* dan *online*, pembagian data menjadi data latih, data uji, dan data validasi, proses *hyperparameter tuning*, pembuatan model klasifikasi, dan evaluasi terhadap model menggunakan metrik evaluasi.

Eksperimen dilakukan dengan melatih 32 model yang mencakup empat kategori dataset, dua tingkat taksonomi, dan dua konfigurasi GPU. Model EfficientNetV2 mencapai akurasi 82,40% dan *F1-score* 81,94% pada klasifikasi

Famili *rare*, sementara ResNet152 meraih akurasi 90,60% dan *F1-score* 90,54% pada klasifikasi Ordo *rare*, melampaui kinerja *state-of-the-art* sebelumnya. *Hyperparameter tuning* menggunakan *multi-GPU* meningkatkan kinerja komputasi 100x lebih cepat dibanding menggunakan CPU dan sekitar 1,3 – 1,8x lebih cepat dibanding menggunakan *single-GPU*. Peningkatan kinerja komputasi pada pelatihan model ResNet152 lebih tinggi dibandingkan dengan EfficientNetV2 di seluruh kategori, dengan penggunaan *single-GPU* 60x lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan CPU. Evaluasi peningkatan kinerja pada pelatihan model dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *hyperparameter* optimal yang diperoleh pada saat *hyperparameter tuning* untuk setiap kombinasi model dan kategori. Peningkatan kinerja komputasi pada penelitian ini hanya mengukur efisiensi *throughput* dengan konfigurasi MIG tanpa membandingkan langsung kecepatan pelatihan antar model yang digunakan.

Kata kunci: *class-balanced focal loss, fish classification, high performance computing, transfer learning*

SUMMARY

FLORECITA PRAMESWARI. Transfer Learning Model for Fish Classification on a High-Performance Computing Environment. Supervised by TOTO HARYANTO and HENDRA RAHMAWAN.

Aquatic biodiversity plays a crucial role in maintaining the structure, stability, and health of aquatic ecosystems. However, in recent decades, increasing human activities such as fishing, climate change, and coastal development have made conservation efforts increasingly challenging, further complicated by growing public concern over these issues. One of the key measures to protect aquatic biodiversity is conducting continuous monitoring through rapid and efficient species recognition and functional identification. Various image datasets have been developed to support continuous monitoring in fish classification research, one of which is the FishNet dataset. FishNet provides a large-scale and taxonomically diverse benchmark. However, its imbalanced class distribution limits models' ability to generalize to minority classes. Previous researchers have applied several loss function strategies, such as class-balanced loss, focal loss, and their combination, to address this issue, but the performance remains suboptimal.

This research aims to improve the accuracy of previous research models and analyze computational performance improvements during hyperparameter tuning and model training on the NVIDIA DGX A100. The method applies transfer learning with ResNet152 and EfficientNetV2 on FishNet, targets classification at the family and order levels. ResNet152 was used to assess whether more layers in the network could improve feature extraction capabilities and classification accuracy compared to previous variants. Previous studies have not explored architectures that focus on computational efficiency, so EfficientNetV2 was considered in this study because it was designed for computational efficiency through the use of fused-MBConv blocks and progressive scaling strategies. The training strategy used includes a combination of class-balanced focal loss as a loss function, special augmentation on minority classes, and hyperparameter tuning using Bayesian optimization with its surrogate model, the Tree-Structured Parzen estimator. The analysis of a computational performance improvements was conducted using a multi-instance GPU (MIG) configuration. MIG was used as the computing environment to compare computational performance across single-GPU and multi-GPU with CPU as the baseline. The data used was the FishNet dataset with research stages starting from data collection, then data preprocessing, namely image resizing, offline and online data augmentation, data division into training data, test data, and validation data, hyperparameter tuning, classification model creation, and model evaluation using evaluation metrics.

The experiments trained 32 models across four dataset categories, two taxonomic levels, and two GPU configurations. EfficientNetV2 achieved 82,40% accuracy and 81,94% F1-score on rare family classification, while ResNet152 reached 90,60% accuracy and 90,54% F1-score on rare order classification, surpassing previous state-of-the-art performance. Hyperparameter tuning using multi-GPU increased computational performance up to 100x faster than using a CPU and approximately 1,3–1,8x faster than single GPU configurations. The

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.



increase in computational performance during ResNet152 training was higher than that of EfficientNetV2 training in all categories, with a single GPU being 60x faster than using a CPU. The evaluation of performance improvements in model training was conducted using the optimal hyperparameter configuration obtained during hyperparameter tuning for each combination of model and category. The computational performance improvements in this study only measured throughput efficiency with the MIG configuration without directly comparing the training speeds between the models used.

Keywords: *class-balanced focal loss, fish classification, high performance computing, transfer learning*

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
3. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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.

© 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.

MODEL *TRANSFER LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI IKAN PADA LINGKUNGAN *HIGH PERFORMANCE COMPUTING*

FLORECITA PRAMESWARI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM MAGISTER ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



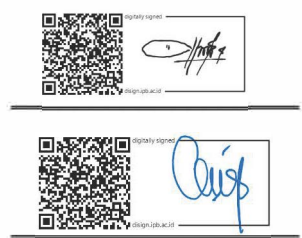
Judul Tesis : Model *Transfer Learning* Untuk Klasifikasi Ikan Pada Lingkungan *High Performance Computing*

Nama : Florecita Prameswari
NIM : G6501231032

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

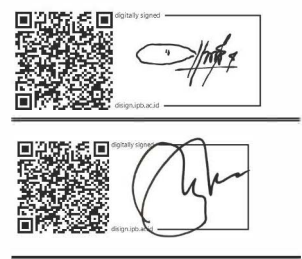
Pembimbing 1:
Dr. Toto Haryanto, S.Kom., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Hendra Rahmawan, S.Kom., M.T.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Toto Haryanto, S.Kom., M.Si.
NIP 19821117201404 1 001
Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:
Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.
NIP 19660702199302 1 001



Tanggal Ujian:
16 Oktober 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga penelitian yang berjudul “Model *Transfer Learning* Untuk Klasifikasi Ikan Pada Lingkungan *High Performance Computing*” dapat diselesaikan yang berlangsung sejak bulan April 2024 sampai bulan Juli 2025.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Toto Haryanto, S.Kom, M.Si dan Dr. Hendra Rahmawan, S.Kom, M.T yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada moderator seminar Hari Agung Adrianto, S.Kom., M.Si., Ph.D. dan penguji luar komisi pembimbing Dr. Mushtofa, S.Kom., M.Sc.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen dan bagian administrasi Ilmu Komputer IPB University. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Andrew Adi Nugraha, Kontrakan Ceria, dan ILKOM 2023 yang telah membantu dan menemani dalam proses penyelesaian studi di Progam Magister Ilmu Komputer.

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

Bogor, November 2025

Florecita Prameswari



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Klasifikasi Ikan	4
2.2 <i>Transfer Learning</i>	5
2.3 <i>Loss Function</i>	6
2.4 <i>High Performance Computing</i>	7
2.5 <i>Residual Network</i>	9
2.6 <i>EfficientNet</i>	10
2.7 <i>Hyperparameter Tuning</i>	12
III METODE	14
3.1 Dataset Penelitian	14
3.2 Tahapan Penelitian	15
3.3 Praproses Data	16
3.4 Pembagian Data	17
3.5 <i>Hyperparameter Tuning</i>	18
3.6 Pelatihan Model	18
3.7 Evaluasi Model	19
3.8 Lingkungan Pengembangan	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Praproses Data	22
4.2 Pembagian Data	22
4.3 <i>Hyperparameter Tuning</i>	22
4.4 Hasil Klasifikasi	23
4.5 Evaluasi Model	25
V SIMPULAN DAN SARAN	29
Simpulan	29
Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	34

DAFTAR TABEL

1	Tahapan pembagian kategori untuk klasifikasi famili	17
2	Ruang pencarian <i>hyperparameter</i>	18
3	Skema pelatihan dengan perbandingan penelitian sebelumnya	18
4	Distribusi data latih, validasi, dan uji	22
5	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> model <i>EfficientNetV2</i> CPU	23
6	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> model <i>EfficientNetV2</i> single-GPU	23
7	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> model <i>EfficientNetV2</i> multi-GPU	23
8	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> model ResNet152 single-GPU	23
9	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> model ResNet152 multi-GPU	23
10	Hasil akurasi klasifikasi famili dan klasifikasi ordo	24
11	Waktu <i>hyperparameter tuning</i> model EfficientNetV2 CPU	35
12	Waktu <i>hyperparameter tuning</i> model EfficientNetV2 single-GPU	35
13	Waktu <i>hyperparameter tuning</i> model EfficientNetV2 multi-GPU	35
14	Waktu <i>hyperparameter tuning</i> model ResNet152 single-GPU	35
15	Waktu <i>hyperparameter tuning</i> model ResNet152 multi-GPU	36

DAFTAR GAMBAR

1	Arsitektur Ampere GPU NVIDIA	8
2	Struktur Multi Instance GPU (MIG)	9
3	Arsitektur ResNet152	10
4	Arsitektur EfficientNetV2	11
5	Contoh citra di dataset FishNet. (a) <i>Acanthuridae</i> , (b) <i>Amblycipitidae</i> , (c) <i>Aetobatidae</i> , (d) <i>Xenocyprididae</i>	14
6	Distribusi data citra untuk taksonomi ordo. (a) ordo yang memiliki banyak sampel (b) ordo yang memiliki sedikit sampel	15
7	Tahapan Penelitian	15
8	Augmentasi yang dilakukan (a) gambar asli (b) rotasi 90° (c) horizontal flipping (d) flipping acak (e) rotasi 45° (f) <i>color jittering</i> (g) <i>affine transform</i> (h) <i>Gaussian blur</i> (i) <i>random erasing</i>	16
9	Metrik evaluasi model <i>EfficientNetV2</i> dan <i>ResNet152</i> . (a) <i>Weighted Average Precision</i> Famili, (b) <i>Weighted Average Precision</i> Ordo, (c) <i>Weighted Average Recall</i> Famili, (d) <i>Weighted Average Recall</i> Ordo, (e) <i>Weighted Average F1-Score</i> Famili, (f) <i>Weighted Average F1-Score</i> Ordo	25
10	<i>Speedup Hyperparameter Tuning EfficientNetV2</i> dengan CPU baseline	26
11	<i>Speedup Hyperparameter Tuning</i> . (a) EfficientNetV2 dan (b) ResNet152 dengan konfigurasi single-GPU vs Multi-GPU	26
12	<i>Speedup</i> pelatihan model	27
13	<i>Confusion matrix</i> bagian pertama	36
14	<i>Confusion matrix</i> bagian kedua	36
15	<i>Confusion matrix</i> bagian ketiga	37
16	<i>Confusion matrix</i> bagian keempat	37

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.

17	<i>Confusion matrix</i> bagian kelima	37
18	<i>Confusion matrix</i> bagian enam	38
19	<i>Confusion matrix</i> bagian tujuh	38
20	<i>Confusion matrix</i> bagian delapan	38
21	<i>Confusion matrix</i> bagian sembilan	39
22	<i>Confusion matrix</i> bagian sepuluh	39
23	<i>Confusion matrix</i> bagian sebelas	39
24	<i>Confusion matrix</i> bagian dua belas	40
25	<i>Confusion matrix</i> bagian tiga belas	40
26	<i>Confusion matrix</i> bagian empat belas	40
27	<i>Confusion matrix</i> bagian lima belas	41
28	<i>Confusion matrix</i> bagian enam belas	41
29	<i>Confusion matrix</i> bagian tujuh belas	41
30	<i>Confusion matrix</i> bagian delapan belas	42
31	<i>Confusion matrix</i> bagian sembilan belas	42
32	<i>Confusion matrix</i> ResNet152 <i>single</i> -GPU klasifikasi ordo kategori <i>rare</i>	45

DAFTAR LAMPIRAN

1	Waktu hyperparameter tuning pada konfigurasi CPU, <i>single</i> -GPU, dan <i>multi</i> -GPU untuk setiap model EfficientNetV2 dan ResNet152	35
2	<i>Confusion matrix</i> EfficientNetV2 <i>single</i> -GPU klasifikasi famili kategori <i>rare</i>	36
3	<i>Confusion matrix</i> ResNet152 klasifikasi ordo kategori <i>rare</i>	43