

**TESIS**

**OPTIMASI ARSITEKTUR RESNET50 DENGAN *DATA AUGMENTATION* DAN *ENSEMBLE DEEP LEARNING* PADA  
KLASIFIKASI SPESIES KUPU-KUPU (*LEPIDOPTERA*)**



**Oleh:**

**Diniati Ruaika**

**NIM: 20206051006**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS SAINS DAN  
TEKNOLOGI**

**UIN SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2023**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN / BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Diniati Ruaika  
NIM : 20206051006  
Program Studi : Informatika (S2)  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tesis saya yang berjudul : **“Optimasi Arsitektur ResNet50 dengan Data *Augmentation* dan *Ensemble Deep Learning* pada Klasifikasi Spesies Kupu-Kupu (*Lepidoptera*)”** adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagianbagian tertentu yang penulis ambil sebagai acuan dan tata cara yang diberikan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggung jawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Desember 2022

Yang menyatakan,



Diniati Ruaika

NIM. 20206051006



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-100/Un.02/DST/PP.00.9/01/2023

Tugas Akhir dengan judul : OPTIMASI ARSITEKTUR RESNET50 DENGAN DATA AUGMENTATION DAN ENSEMBLE DEEP LEARNING PADA KLASIFIKASI SPESIES KUPU-KUPU (LEPIDOPTERA)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DINIATI RUAIKA, S.Kom.  
Nomor Induk Mahasiswa : 20206051006  
Telah diujikan pada : Senin, 02 Januari 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom.  
SIGNED

Valid ID: 63bf5751a412a



Penguji I

Ir. Maria Ulfah Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D.  
SIGNED

Valid ID: 63be22a179ef9



Penguji II

Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.T.  
SIGNED

Valid ID: 63be1762a59ba



Yogyakarta, 02 Januari 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 63bf7a7cb7632

## NOTA DINAS PEMBIMBING

Kepada Yth.,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga  
Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap penulisan tesis yang berjudul:

**OPTIMASI ARSITEKTUR RESNET50 DENGAN DATA AUGMENTATION DAN  
ENSEMBLE DEEP LEARNING PADA KLASIFIKASI SPESIES KUPU-KUPU  
(LEPIDOPTERA)**

Yang ditulis oleh:

Nama	: Diniati Ruaika
NIM	: 20206051006
Jenjang	: Magister
Program Studi	: Informatika

Saya berpendapat bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Magister Informatika UIN Sunan Kalijaga untuk diujikan dalam rangka memperoleh gelar Magister Informatika.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 29 Desember 2022

Pembimbing,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom.

NIP. 19820511 200604 2 002

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan barokah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Optimasi Arsitektur Resnet50 dengan Data *Augmentation* dan *Ensemble Deep Learning* pada Klasifikasi Spesies Kupu-Kupu (*Lepidoptera*)”. Laporan tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom.) pada Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan tesis ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Ir. Shofwatul ‘Uyun, S.T., M. Kom. selaku dosen pembimbing tesis yang telah sabar dan tulus memberikan ilmu serta bimbingan terbaik kepada penulis.

5. Para Dosen Program Studi Magister Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
6. Seluruh staf dan karyawan/wati Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang membantu penulis dalam proses belajar.
7. Orangtua, suami, saudara dan teman-teman penulis yang senantiasa mendo'akan, memberikan dukungan, dan motivasi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu semua jenis saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat dan memberikan wawasan tambahan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri.

Yogyakarta, 29 Desember 2022



Diniati Ruaika  
NIM. 20206051006

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN/BEBAS PLAGIASI.....	ii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
NOTA DINAS PEMBIMBING .....	iv
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	8
A. Kajian Pustaka.....	8
B. Landasan Teori.....	15
1. <i>Machine Learning</i> .....	15
a. <i>Supervised Learning</i> .....	16
b. <i>Unsupervised Learning</i> .....	16
c. <i>Reinforcement Learning</i> .....	17
2. <i>Deep Learning</i> .....	17
a. <i>Deep Unsupervised Learning (DUL)</i> .....	19
b. <i>Deep Supervised Learning (DSL)</i> .....	19
c. <i>Deep Semi Supervised Learning (DSSL)</i> .....	20

d.	<i>Deep Reinforcement Learning (DRL)</i> .....	20
3.	<i>Overfitting dan Underfitting</i> .....	20
4.	<i>Data Augmentation</i> .....	21
5.	<i>Convolutional Neural Network</i> .....	26
a.	<i>Convolutional Layer</i> .....	26
b.	<i>Pooling Layer</i> .....	29
c.	<i>Fully Connected Layer</i> .....	30
d.	<i>Loss Function Cross Entropy</i> .....	32
e.	<i>Adaptive Moment Estimation (Adam) Optimizer</i> .....	33
6.	<i>ResNet50</i> .....	34
7.	<i>Ensemble Deep Learning</i> .....	37
8.	<i>Performance Matrics</i> .....	38
9.	<i>Kupu-kupu (Lepidoptera)</i> .....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		41
A.	<i>Alat Penelitian</i> .....	41
B.	<i>Metode Penelitian</i> .....	41
1.	<i>Studi Literatur</i> .....	42
2.	<i>Pengumpulan Data</i> .....	43
3.	<i>Preprocessing</i> .....	46
4.	<i>Klasifikasi dengan Metode ResNet50</i> .....	47
5.	<i>Klasifikasi dengan Metode CNN</i> .....	49
6.	<i>Klasifikasi dengan Metode Ensemble</i> .....	50
7.	<i>Evaluasi dan Analisis</i> .....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		52
A.	<i>Hasil Perbandingan Data Gambar Asli dan Data Augmentation</i> 52	
B.	<i>Hasil dan Pembahasan Klasifikasi Menggunakan CNN</i> .....	53
C.	<i>Hasil dan Pembahasan Klasifikasi Menggunakan ResNet50</i> ..	57



D. Hasil dan Pembahasan Klasifikasi Menggunakan <i>Ensamble Deep Learning</i> .....	61
E. Perbandingan Hasil Klasifikasi Model ResNet50, CNN dan <i>Ensamble Deep Learning</i> .....	65
F. Perbandingan dengan Penelitian Sejenis .....	67
BAB V PENUTUP .....	70
A. Kesimpulan .....	70
B. Saran .....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	72
DAFTAR LAMPIRAN .....	78
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	96



## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Rangkuman kajian pustaka.....	13
Tabel 2.2 <i>Data augmentation</i> dengan <i>image data generator</i> .....	23
Tabel 3.1 Distribusi dataset kupu-kupu.....	43
Tabel 4.1 Matriks <i>Precision</i> , <i>Recall</i> , dan <i>F-1 score</i> Metode CNN.....	55
Tabel 4.2 Matriks <i>Precision</i> , <i>Recall</i> , dan <i>F-1 score</i> Metode ResNet50 .....	59
Tabel 4.3 Matriks <i>Precision</i> , <i>Recall</i> , dan <i>F-1 score</i> model <i>Ensemble Deep Learning</i> (ResNet50 dan CNN) .....	63
Tabel 4.4 Perbedaan rata-rata <i>accuracy</i> masing-masing model.....	66
Tabel 4.5 Perbedaan rata-rata <i>Precision</i> , <i>Recall</i> dan <i>F-1 Score</i> pada masing-masing model.....	67
Tabel 4.6 Perbandingan penelitian sejenis .....	68

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram ven konsep <i>Machine Learning</i> .....	18
Gambar 2.2 Grafik perbedaan model yang mengalami <i>Uderfitting</i> , <i>Optimum</i> dan <i>Overfitting</i> .....	21
Gambar 2.3 Contoh penggunaan teknik augmentasi gambar pada citra kupu-kupu.....	22
Gambar 2.4 Arsitektur CNN.....	26
Gambar 2.5 Proses perhitungan yang dijalankan .....	28
Gambar 2.6 Tiga tipe dari operasi <i>pooling</i> .....	30
Gambar 2.7 Contoh <i>Fully connected layer</i> .....	31
Gambar 2.8 Arsitektur beberapa variasi ResNet .....	35
Gambar 2.9 <i>Residual Learning Block</i> .....	36
Gambar 2.10 Perbedaan arsitektur CNN klasik dengan ResNet .....	37
Gambar 2.11 Berbagai Bentuk Sayap Kupu-Kupu Spesies Neotropik .....	40
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....	42
Gambar 3.2 contoh gambar dataset kupu-kupu.....	46
Gambar 3.3 Proses Data <i>Augmentation</i> data kupu-kupu.....	47
Gambar 3.4 Arsitektur ResNet50 (Ji <i>dkk</i> , 2019) .....	48
Gambar 3.5 Arsitektur CNN yang digunakan .....	50

Gambar 3.6 Arsitektur <i>ensemble</i> model .....	51
Gambar 4.1 Hasil contoh perbandingan gambar asli dan data <i>augmentation</i> pada gambar kupu-kupu .....	52
Gambar 4.2 Accuracy dan Loss model CNN .....	54
Gambar 4.3 Accuracy dan Loss model ResNet50.....	58
Gambar 4.4 Accuracy dan Loss model <i>Ensemble Deep Learning</i> .....	62



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kupu-kupu merupakan jenis serangga yang tergolong ke dalam ordo *Lepidoptera*. Jumlah spesies kupu-kupu di dunia mencapai 21.000 (Fathimathul dkk, 2022). Peranan kupu-kupu sangat penting di dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem dan memperkaya tingkat biodeversitas hayati (Rohman, Efendi dan Danrini, 2019). Melalui penyerbukan oleh kupu-kupu, tanaman dapat memperbanyak diri secara alami, sehingga dapat mempertahankan keberadaannya. Selain sebagai polinator atau hewan penyerbuk, kupu-kupu juga dapat berperan sebagai indikator terjadinya perubahan lingkungan (Syaripuddin, Sing & Wilson, 2015; An & Choi, 2020; Ismail dkk, 2020). Penelitian oleh Legal dkk, (2020) mengungkapkan bagaimana keberadaan kupu-kupu sangat berhubungan erat dengan habitat atau tempat makhluk hidup tinggal dan juga tingkat gangguan antropogeniknya (gangguan yang bersumber dari aktivitas manusia). Penelitian tersebut mengungkap bahwa selama 25 tahun mengamati hutan kering tropis (*Tropical Dry Forest*) tidak satupun ditemukan keberadaan kupu-kupu di sana. Ismail, dkk (2020), juga mengungkapkan temuan yang identik, bahwa keberadaan kupu-kupu sangat dipengaruhi oleh lingkungan hidupnya. Selain itu, populasi dan diversitas kupu-kupu di lingkungan hidup dapat ditentukan oleh jenis vegetasi, sumber tanaman pelindung, kesehatan dan juga gangguan lingkungan hidup. Van der Burg & Reed (2021) mengungkapkan bahwa pembentukan

corak kupu-kupu dapat dipengaruhi oleh *environmental stress* atau tekanan lingkungan, yang bisa berupa suhu, iklim mikro, dan paparan radiasi sinar matahari. *Envinromental stress* juga menyebabkan perubahan epigenetik pada gen kupu-kupu yang berdampak pada pola sayap dan pewarisan transgenerasional. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian di atas, maka studi mengenai kupu-kupu menjadi penting untuk bisa dipelajari karena tidak hanya untuk tujuan mengungkap keberagaman fauna saja, namun juga dapat mempelajari perubahan lingkungan hidup. Saat ini, penelitian klasifikasi kupu-kupu masih banyak yang menggunakan metode manual atau menggunakan jaring serangga untuk menangkap kupu-kupu (Amrullah, Hilda dan Rusli, 2018; Gonggoli dkk, 2021; Paramita, Syazali dan Erfan, 2022). Metode manual ini memiliki kelemahan, yaitu membutuhkan waktu klasifikasi yang relatif lama, akurasi yang rendah karena banyak spesies kupu-kupu memiliki kemiripan bentuk yang kadang sulit dibedakan, serta sedikitnya jumlah ahli taksonomi yang tersedia (Almryad dan Kutucu, 2020). Ditambah lagi, kupu-kupu yang ditangkap bisa mengalami cedera atau mati karena jaring dan perlakuan manusia.

Berdasarkan permasalahan di atas diperlukan adanya metode yang mampu melakukan klasifikasi kupu-kupu secara cepat, murah dan otomatis, yang dapat menghasilkan akurasi dengan optimal. Salah satu metode yang paling populer selama ini dan memiliki terobosan dalam bidang terkait klasifikasi gambar adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) (Albawi, Mohammed dan Alzawi, 2017). CNN adalah model *multilayer neural network* atau arsitektur *deep learning* yang terinspirasi dari cara kerja otak

manusia. Secara umum, arsitektur CNN terdiri dari *input layer*, *convolutional layer*, *pooling layer*, dan *fully-connected layer* (Ghosh dkk, 2020). Walaupun CNN merupakan metode yang paling populer dalam proses klasifikasi gambar, pada implementasinya banyak ditemukan berbagai permasalahan dalam penggunaannya. Permasalahan yang sering muncul dalam penggunaan CNN dalam klasifikasi gambar seperti kurang seimbangnya data latih, *overfitting* dan rumitnya lapisan-lapisan sehingga mengakibatkan pelatihan model memakan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibuatlah arsitektur CNN yang sederhana (Prasetyawan dan 'Uyun, 2020). Kemudian terdapat beberapa penelitian yang memanfaatkan teknik *data augmentation* dan *transfer learning* untuk mengatasi permasalahan pada klasifikasi model CNN. *Data augmentation* dapat meningkatkan ukuran dataset pelatihan yang lebih kompleks dengan menambahkan parameter tambahan seperti *cropping*, *rescaling*, *horizontal flips*, *fill mode*, *shear range*, *width shift*, *height shift* dan *rotation range* (Lashgari, Liang dan Maoz, 2020; Fathimathul dkk, 2022). Sedangkan *transfer learning* merupakan teknik yang memanfaatkan model CNN yang sudah dilatih sebelumnya atau bisa dinamakan *pre-trained* model (Krishna and Kalluri, 2019). Selain tiga teknik di atas (CNN yang sederhana, *data augmentation* dan *transfer learning*) untuk mengatasi permasalahan pada CNN adalah dengan menggabungkan beberapa model menjadi satu, yang disebut dengan *ensemble deep learning* (Ganaie dkk, 2022). *Ensemble deep learning* mampu menghasilkan model prediksi yang lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan satu model saja (Mujahid dkk, 2022).

Arsitektur *transfer learning* yang telah digunakan pada beberapa penelitian klasifikasi kupu-kupu adalah arsitektur VGG16, VGG19, ResNet50, Inception V3, Xception, MobileNet, GoogLeNet dan LeNet (Kameron Arzar dkk, 2019; Almryad dan Kutucu, 2020; Prudhivi dkk, 2021; Fathimathul dkk, 2022; Micheal dan Hartati, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Almryad dan Kutucu menghasilkan nilai akurasi VGG16 79,5%, VGG19 77,2%, dan ResNet50 sebesar 70,2% tanpa menggunakan data *augmentation* (Almryad dan Kutucu, 2020). Sementara penelitian yang dilakukan dengan menggunakan data *augmentation* oleh Fathimathul dkk (2022) mendapatkan akurasi untuk VGG16 86,66%, VGG19 92%, MobileNet 81,33%, ResNet50 43,99% Xception 87,99% dan InceptionV3 94,66%. Penelitian lain oleh Kameron dkk, (2019) menghasilkan akurasi 97,5% dengan arsitektur GoogleNet. Selain itu, penambahan data *augmentation* juga dilakukan oleh Prudhivi dkk, (2019) menggunakan arsitektur VGG16, ResNet50, Inception V3, dan MobileNet menghasilkan akurasi berturut-turut, masing-masing sebesar 86%, 53%, 95%, dan 93%. Michael dan Ery Hartati (2022) juga menggunakan arsitektur VGG16 dengan akurasi sebesar 93% dan LeNet 67%. Dari penelitian di atas penggunaan data *augmentation* terbukti dapat mempengaruhi hasil akurasi. Kemudian didapat juga bahwa ternyata ResNet50 pada klasifikasi kupu-kupu menjadi arsitektur *transfer learning* dengan akurasi paling rendah diantara arsitektur lainnya.

Fakta di atas menjadi motivasi bagi penulis untuk melakukan penelitian dalam mengatasi rendahnya akurasi pada arsitektur ResNet50. Penelitian ini berusaha menggunakan dua skenario



untuk melakukan optimasi ResNet50 pada klasifikasi spesies kupu-kupu. Pertama memodifikasi parameter pada data *augmentation* dengan memanfaatkan *Image Data Generator* pada Keras *framework* yaitu *epsilon zca whitening*, *image rotation width shift range*, *height shift range*, *shear range*, *zoom range*, *channel shift range*, *fill mode*, *horizontal flip*, dan *preprocessing function*. Kedua menggabungkan arsitektur ResNet50 dengan arsitektur CNN yang sederhana yang disebut dengan *ensemble deep learning*. Dari skenario tersebut harapannya penelitian ini dapat meningkatkan akurasi klasifikasi spesies kupu-kupu pada arsitektur ResNet50.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dataset penelitian ini menggunakan data gambar kupu-kupu (*lepidoptera*) dengan 75 spesies yang berasal dari laman publik Kaggle.
2. *Preprocessing* yang digunakan menggunakan data *augmentation* dari *image data generator*.
3. Klasifikasi kupu-kupu (*lepidoptera*) menggunakan arsitektur ResNet50 dan *ensemble deep learning* dengan menambahkan arsitektur CNN.

## **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan parameter data *augmentation* untuk meningkatkan akurasi pada klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*)?

2. Bagaimana mengoptimalkan nilai akurasi metode ResNet50 dalam klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*) melalui *ensemble deep learning*?
3. Bagaimana perbandingan hasil klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*) melalui *ensemble deep learning* dengan penelitian-penelitian sebelumnya?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan jenis parameter *augmentation* data yang berbeda dari penelitian sebelumnya untuk meningkat nilai akurasi klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*).
2. Meningkatkan nilai akurasi pada metode klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*) pada arsitektur ResNet50 menggunakan *ensemble deep learning* dengan menambahkan arsitektur *convolutional neural network* (CNN)
3. Membandingkan nilai akurasi penggunaan arsitektur ResNet50 pada klasifikasi kupu-kupu (*lepidoptera*) dengan penelitian sebelumnya.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan permasalahan penelitian dan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pandangan baru pada klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*) dengan menggunakan *preprocessing* data *augmentation* yang memiliki parameter yang berbeda dari penelitian sebelumnya.
2. Meningkatkan kinerja klasifikasi spesies kupu-kupu (*lepidoptera*) dengan menggunakan arsitektur ResNet50 dan *ensemble* model.



## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan data serta untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian, kesimpulan yang bisa diambil dalam penelitian klasifikasi kupu-kupu (*lepidoptera*) adalah sebagai berikut.

1. Augmentasi data melalui parameter *epsilon zca whitening*, *image rotation*, *width shift range*, *height shift range*, *shear range*, *zoom range*, *channel shift range*, *fill mode horizontal flip*, dan *preprocessing function* pada penelitian ini mampu meningkatkan nilai akurasi pada model arsitektur ResNet50. Akurasi ResNet50 mengalami peningkatan dari 69% menjadi 86%.
2. Optimasi akurasi ResNet50 pada penelitian ini berhasil dilakukan dengan metode *ensemble deep learning*, yaitu menggabungkan arsitektur CNN pada arsitektur ResNet50. Hasil *ensemble deep learning* dalam penelitian ini mendapat nilai akurasi 95% dengan data diaugmentasi dan 93% dengan data tidak diaugmentasi.
3. Akurasi klasifikasi melalui *ensemble deep learning* pada model arsitektur ResNet50 menunjukkan performa lebih baik daripada penelitian-penelitian sebelumnya. Nilai akurasi yang didapatkan pada penelitian ini mencapai 95%. Kemudian, pada matriks performa, didapatkan nilai *precision* sebesar 96%, *recall* sebesar 95%, dan *F-1 score* sebesar 95%.

## B. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diutarakan, saran penelitian untuk perbaikan penelitian berikutnya adalah sebagai berikut.

1. Dataset menggunakan jumlah spesies kupu-kupu yang lebih banyak dan bervariasi.
2. Perlu dicoba *ensemble deep learning* menggunakan kombinasi model arsitektur yang berbeda-beda untuk mengetahui kinerja terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akanksha, E. *et al.* (2021) 'Review on Reinforcement Learning, Research Evolution and Scope of Application', *Proceedings - 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2021*, (Iccmc), pp. 1416–1423. doi: 10.1109/ICCMC51019.2021.9418283.
- Albawi, S., Mohammed, T. A. and Alzawi, S. (2017) 'Understanding of a Convolutional Neural Network', *Icet2017*, pp. 1–6.
- Almryad, A. S. and Kutucu, H. (2020) 'Automatic identification for field butterflies by convolutional neural networks', *Engineering Science and Technology, an International Journal*. Karabuk University, 23(1), pp. 189–195. doi: 10.1016/j.jestch.2020.01.006.
- Alzubaidi, L. *et al.* (2021) *Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions*, *Journal of Big Data*. Springer International Publishing. doi: 10.1186/s40537-021-00444-8.
- Amrullah, S. H., Hilda and Rusli, R. F. (2018) 'Identifikasi lebah dan kupu polinator di Hutan Billa Battang Kota Palopo', *Jurnal Dinamika*, 09(2), pp. 1–12.
- An, J. and Choi, S.-W. (2020) 'Butterflies as an indicator group of riparian ecosystem assessment', *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24. doi: 10.1016/j.aspen.2020.12.017.
- Arya, N. (2022) *Loss Functions: An Explainer*, *KDnuggets*. Available at: <https://www.kdnuggets.com/2022/03/loss-functions-explainer.html>.
- Batta, M. (2018) 'Machine Learning Algorithms - A Review', *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 18(8), pp. 381–386. doi: 10.21275/ART20203995.
- Bladon, A. J. *et al.* (2020) 'How butterflies keep their cool: Physical and ecological traits influence thermoregulatory ability and population

trends’, *Journal of Animal Ecology*, 89(11), pp. 2440–2450. doi: 10.1111/1365-2656.13319.

van der Burg, K. R. L. and Reed, R. D. (2021) ‘Seasonal plasticity: how do butterfly wing pattern traits evolve environmental responsiveness?’, *Current Opinion in Genetics & Development*, 69, pp. 82–87. doi: <http://doi.org/10.1016/j.gde.2021.02.009>.

Cunningham, P., Cord, M. and Delany, S. J. (2008) ‘Supervised Learning’, *Cognitive Technologies*, pp. 21–49. doi: 10.1007/978-3-540-75171-7\_2.

Dong, S., Wang, P. and Abbas, K. (2021) ‘A survey on deep learning and its applications’, *Computer Science Review*. Elsevier Inc., 40, p. 100379. doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100379.

Dridi, S. (2021) ‘Unsupervised Learning - A Systematic Literature Review’, (December). doi: 10.13140/RG.2.2.16963.12323.

Dumoulin, V. and Visin, F. (2016) ‘A guide to convolution arithmetic for deep learning’, pp. 1–31. Available at: <http://arxiv.org/abs/1603.07285>.

Edinger, E. N. *et al.* (1998) ‘Reef degradation and coral biodiversity in indonesia: Effects of land-based pollution, destructive fishing practices and changes over time’, *Marine Pollution Bulletin*, 36(8), pp. 617–630. doi: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00047-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00047-2).

Elgendy, M. (2020) *Deep Learning for Vision Systems*, Manning Publications Co.

Fathimathul, R. P. P. *et al.* (2022) ‘A Novel Method for the Classification of Butterfly Species Using Pre-Trained CNN Models’, *Electronics (Switzerland)*, 11(13), pp. 1–20. doi: 10.3390/electronics11132016.

Fauzi, F., Permanasari, A. E. and Akhmad Setiawan, N. (2021) ‘Butterfly Image Classification Using Convolutional Neural Network (CNN)’, *Proceeding - ICERA 2021: 2021 3rd International Conference on Electronics Representation and Algorithm*. IEEE, pp. 66–70. doi: 10.1109/ICERA53111.2021.9538686.

Ganaie, M. A. *et al.* (2022) ‘Ensemble deep learning: A review’, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 115. doi:

10.1016/j.engappai.2022.105151.

Géron, A. (2019) *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow : Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*, O'Reilly Media. doi: 10.1201/9780367816377.

Ghosh, A. et al. (2020) *Fundamental concepts of convolutional neural network*, *Intelligent Systems Reference Library*. doi: 10.1007/978-3-030-32644-9\_36.

Gonggoli, A. D. et al. (2021) 'Identifikasi Jenis Kupu-Kupu (Lepidoptera) Di Universitas Palangka Raya', *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 7(1), pp. 16–20. doi: 10.23917/bioeksperimen.v7i1.10361.

IBM Cloud Education (2020a) *Convolutional Neural Networks*. Available at: <https://www.ibm.com/cloud/learn/convolutional-neural-networks>.

IBM Cloud Education (2020b) *Machine Learning*, <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>. Available at: <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>.

IBM Cloud Education (2021) *Overfitting*, <https://www.ibm.com/cloud/learn/overfitting>.

Ismail, N. et al. (2020) 'Butterfly as bioindicator for development of conservation areas in Bukit Reban Kambing, Bukit Belading and Bukit Tukau, Johor, Malaysia', *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21, pp. 334–344. doi: 10.13057/biodiv/d210141.

Janiesch, C., Zschech, P. and Heinrich, K. (2021) 'Machine learning and deep learning', *Electronic Markets*. *Electronic Markets*, 31(3), pp. 685–695. doi: 10.1007/s12525-021-00475-2.

Ji, Q. et al. (2019) 'Optimized deep convolutional neural networks for identification of macular diseases from optical coherence tomography images', *Algorithms*, 12(3), pp. 1–12. doi: 10.3390/a12030051.

Kaiming, H. et al. (2016) 'Deep Residual Learning for Image Recognition', *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. doi: 10.1109/CVPR.2016.90.

Kamaron Arzar, N. N. et al. (2019) 'Butterfly Species Identification



Using Convolutional Neural Network (CNN)', *2019 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems, I2CACIS 2019 - Proceedings*. IEEE, (June), pp. 221–224. doi: 10.1109/I2CACIS.2019.8825031.

Kingma, D. P. and Lei Ba, J. (2015) 'ADAM: A METHOD FOR STOCHASTIC OPTIMIZATION', *ILCR*, pp. 1–15. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf> %22 entire document.

Krishna, S. T. and Kalluri, H. K. (2019) 'Deep Learning and Transfer Learning Approaches for Image Classification', *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(5), pp. 427–432.

Kusaba, K. and Otaki, J. (2009) 'Positional dependence of scale size and shape in butterfly wings: Wing-wide phenotypic coordination of color-pattern elements and background', *Journal of Insect Physiology*, 55, pp. 175–183. doi: 10.1016/j.jinsphys.2008.11.006.

Lashgari, E., Liang, D. and Maoz, U. (2020) 'Data Augmentation for Deep-Learning-Based Electroencephalography', *Journal of Neuroscience Methods*, 346, pp. 1–55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2020.108885>.

Legal, L. *et al.* (2020) 'Lepidoptera are Relevant Bioindicators of Passive Regeneration in Tropical Dry Forests', *Diversity*, 12(6). doi: 10.3390/d12060231.

Machine Learning Glossary (2022) *Loss Functions, ML Glossary*. Available at: [https://ml-cheatsheet.readthedocs.io/en/latest/loss\\_functions.html#hinge](https://ml-cheatsheet.readthedocs.io/en/latest/loss_functions.html#hinge).

Mathew, A., Amudha, P. and Sivakumari, S. (2021) 'Deep learning techniques: an overview', *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1141(August 2020), pp. 599–608. doi: 10.1007/978-981-15-3383-9\_54.

Micheal and Hartati, E. (2022) 'Klasifikasi Spesies Kupu Kupu Menggunakan Metode Convolutional Neural Network', *MDP Student Conference (MSC) 2022*, pp. 569–577.

Mikołajczyk, A. and Grochowski, M. (2018) 'Data augmentation for improving deep learning in image classification problem', *2018 International Interdisciplinary PhD Workshop, IIPhDW 2018*, (May),

pp. 117–122. doi: 10.1109/IIPHDW.2018.8388338.

Mujahid, M. *et al.* (2022) ‘Pneumonia Classification from X-ray Images with Inception-V3 and Convolutional Neural Network’, *Diagnostics*, 12(5), pp. 1–16. doi: 10.3390/diagnostics12051280.

Naqa, I. El and Murphy, M. J. (2015) ‘Machine Learning in Radiation Oncology’, *Machine Learning in Radiation Oncology*, pp. 3–11. doi: 10.1007/978-3-319-18305-3.

O’Shea, K. and Nash, R. (2015) ‘An Introduction to Convolutional Neural Networks’, pp. 1–11. Available at: <http://arxiv.org/abs/1511.08458>.

Paramita, A., Syazali, M. and Erfan, M. (2022) ‘Identifikasi Spesies Kupu- Kupu di Taman Narmada Lombok Barat’, *Journal of Science Education*, 02(1), pp. 22–25.

Prasetyawan, D. and Uyun, S. (2020) ‘Penentuan Emosi pada Video dengan Convolutional Neural Network’, *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*. JISKa, 5(1), pp. 23–35. doi: 10.14421/jiska.2020.51-04.

Prianto, H. (2021) *Buku Sakti Deep Learning: Computer Vision Menggunakan YOLO untuk Pemula*. Cimahi: Stunning Vision AI Academy.

Prudhivi, L. *et al.* (2021) ‘Animal species image classification’, *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd, (xxxx). doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.771.

Prum, R. O., Quinn, T. and Torres, R. H. (2006) ‘Anatomically diverse butterfly scales all produce structural colours by coherent scattering’, *Journal of Experimental Biology*, 209(4), pp. 748–765. doi: 10.1242/jeb.02051.

Rohman, F., Efendi, M. A. and Andrini, L. R. (2019) *BIOEKOLOGI*. 1st edn. Malang: FMIPA UNM.

Le Roy, C., Debat, V. and Llaurens, V. (2019) ‘Adaptive evolution of butterfly wing shape: from morphology to behaviour’, *Biological Reviews*, 94(4), pp. 1261–1281. doi: 10.1111/brv.12500.

Stavenga, D. G. *et al.* (2004) ‘Butterfly wing colours: scale beads make

white pierid wings brighter’, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1548), pp. 1577–1584. doi: 10.1098/rspb.2004.2781.

Suyanto, Ramadhani, K. N. and Mandala, S. (2019) *Deep Learning : Modernisasi Machine Learning untuk Big Data*. Bandung: Informatika.

Syaripuddin, K., Sing, K.-W. and Wilson, J.-J. (2015) ‘Comparison of Butterflies, Bats and Beetles as Bioindicators Based on Four Key Criteria and DNA Barcodes’, *Tropical Conservation Science*, 8(1), pp. 138–149. doi: 10.1177/194008291500800112.

TensorFlow (2022) *Data Augmentation*. Available at: [https://www.tensorflow.org/api\\_docs/python/tf/keras/preprocessing/image/ImageDataGenerator](https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/preprocessing/image/ImageDataGenerator).

Wood, T. (2019) *Softmax Function*, *DeepAI*. Available at: <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/softmax-layer>.

Ying, X. (2019) ‘An Overview of Overfitting and its Solutions’, *Journal of Physics: Conference Series*, 1168(2). doi: 10.1088/1742-6596/1168/2/022022.

