

Klasifikasi Gambar Burung Konservasi di Wilayah Papua Barat Menggunakan *Transfer Learning*

Muh. Falach Achsan Yusuf¹, Christian Dwi Suhendra², Kaenova Mahendra Auditama³

muhfalach56@gmail.com, c.suhendra@unipa.ac.id, kaenova@student.telkomuniversity.ac.id

¹Universitas Papua

²Universitas Papua

³Universitas Telkom

Informasi Artikel

Diterima : 20 Jan 2024
Direview : 22 Jan 2024
Disetujui : 20 Feb 2024

Kata Kunci

Klasifikasi, burung, konservasi, Convolutional Neural Network (CNN), *pre-trained* model

Abstrak

Burung memegang peran penting dalam menjaga ekosistem. Namun, aktivitas manusia seperti perburuan liar mengakibatkan beberapa spesies burung terancam punah. Hal ini berakar dari tingkat pemahaman masyarakat yang masih minim terhadap spesies burung konservasi. Tujuan dari penelitian adalah membangun model *machine learning* yang efektif dalam mengklasifikasikan burung konservasi dan non-konservasi berdasarkan gambar, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat yang masih minim dalam mengenali spesies burung konservasi dan non-konservasi. Pada penelitian ini Big Transfer (BiT), DenseNet121, dan VGG16 digunakan sebagai dasar dalam membangun model. Dataset yang digunakan terdiri atas sepuluh jenis spesies yang telah dianotasi ke dalam dua kelas, yaitu konservasi dan non-konservasi. Model yang dibangun mencapai performa terbaik dengan akurasi tertinggi diperoleh oleh Big Transfer (BiT) model yaitu 96,53%. Model DenseNet121 dan VGG16 yang dibangun memiliki akurasi lebih rendah yaitu 92,36% dan 81,94%.

Keywords

Classification, bird, conservation, Convolutional Neural Network (CNN), *pre-trained* model

Abstrak

Birds play an important role in maintaining the ecosystem. However, human activities such as poaching have caused some bird species to become endangered. This is rooted in the lack of public understanding of conservation bird species. The purpose of this research is to build an effective machine learning model that classifies conservation and non-conservation birds based on images, so that it is expected to improve the public's understanding of conservation and non-conservation bird species. In this study, Big Transfer (BiT), DenseNet121, and VGG16 are used as the basis for building the model. The dataset used consists of ten species that have been annotated into two classes, namely conservation and non-conservation. The model achieved the best performance with the highest accuracy obtained by the Big Transfer (BiT) model at 96.53%. The built DenseNet121 and VGG16 models have lower accuracy of 92.36% and 81.94%.

A. Pendahuluan

Papua merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki keragaman flora dan fauna yang sangat tinggi. Keragaman ini ditandai dengan keberadaan 164 jenis mamalia dan amfibi serta 650 jenis burung [1]. Namun, kerusakan habitat akibat aktivitas manusia mengakibatkan beberapa spesies tersebut terancam punah, terutama pada beberapa spesies burung. Ini dibuktikan dari adanya beberapa spesies seperti kakatua raja, kakatua koki, mambruk ubiaat, dan beberapa spesies lainnya yang masuk ke dalam daftar spesies dilindungi seperti peraturan menteri (PERMEN) lingkungan hidup dan kehutanan 106 tahun 2018 [2]. Pembukaan lahan perladangan, penebangan kayu, dan perburuan liar menjadi faktor menurunnya populasi burung [3].

Berdasarkan data yang dirilis oleh FLIGHT: *protecting Indonesia's birds*, perburuan liar menjadi salah satu masalah utama dalam proses konservasi burung. FLIGHT mencatat pada tahun 2022, Papua barat masuk ke dalam 10 provinsi yang rentan terhadap perburuan liar dengan 9 kasus [4], masalah tersebut berakar dari tingkat pemahaman masyarakat yang masih minim terhadap spesies burung konservasi, juga pengawasan dan penegakan hukum yang belum optimal oleh pemerintah [5].

Klasifikasi burung antara konservasi dan non-konservasi merupakan salah satu langkah penting dalam pengawasan dan penilaian populasi burung. Pembuatan model *machine learning*, terutama pada klasifikasi gambar menggunakan metode *convolutional neural network* (CNN), dapat digunakan sebagai alat yang potensial untuk membantu mengidentifikasi spesies burung konservasi dan non-konservasi. Perkembangan CNN dan *deep learning* saat ini, menjadikan metode ini sebagai metode terbaik dalam mengklasifikasikan gambar. Penelitian menggunakan metode CNN telah banyak dilakukan, terutama dalam klasifikasi hewan. CNN sudah digunakan dalam proses klasifikasi gambar menggunakan Model ResNet-50 untuk mendeteksi hewan dilindungi [6], hasilnya dari penelitian ini mendapatkan akurasi yang tinggi yaitu 99,34%. Pada penelitian lainnya, penerapan metode serupa digunakan dalam mengklasifikasikan gambar tiga jenis hewan (ular, kadal, katak) yang diambil dari kamera trap [7]. Hasil penelitian ini, model yang menggunakan *transfer learning pre-trained* model mengungguli model yang dilatih sendiri, dengan akurasi VGG16 87%, ResNet50 86%, dan CNN-1 72%. Penelitian lain terkait klasifikasi hewan dengan menggunakan metode yang sama yaitu pada klasifikasi burung [8]. Jumlah gambar yang digunakan untuk proses klasifikasi cukup besar yang dibagi ke dalam 400 jenis spesies burung. Hasilnya, dari keempat model *pre-trained* yang diuji DenseNet201 memiliki akurasi tertinggi yaitu 95,05%. Penelitian mengenai klasifikasi burung lainnya juga pernah dilakukan menggunakan *pre-trained* model VGG16 sebagai ekstraksi fitur, dilanjutkan dengan penggunaan algoritma *K-Nearest Neighbour* (KNN) dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasi hasil ekstraksi fitur untuk mengklasifikasikan burung. Hasil dari penelitian ini, model yang dilatih mampu mendapatkan akurasi sebesar 89%.

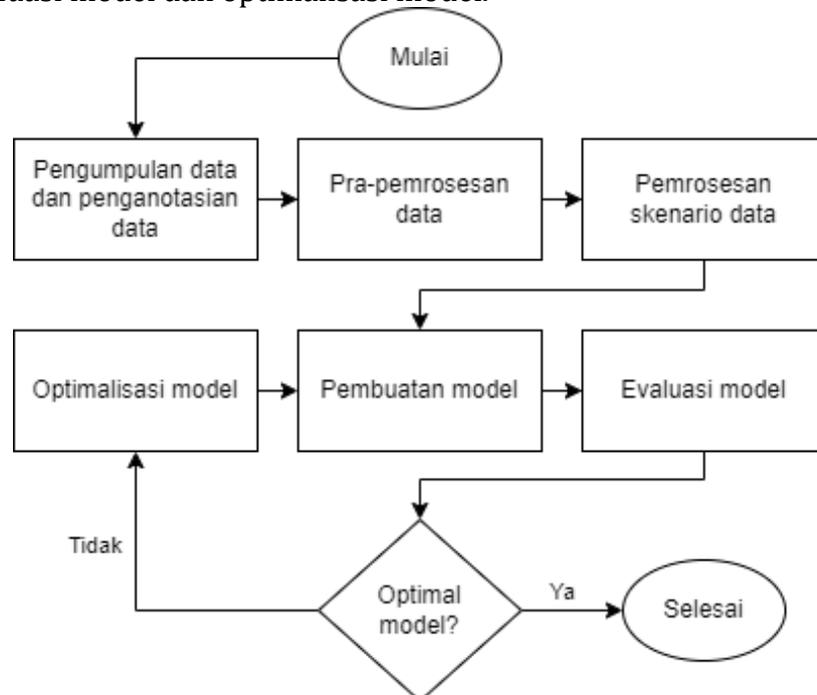
Klasifikasi gambar umumnya menggunakan warna, tekstur, dan informasi lain dari gambar untuk dijadikan sebuah fitur [9]. CNN, merupakan bagian dari metode *deep learning* [10]–[12] yang dapat digunakan dalam mengklasifikasikan hewan. Jaringan ini kemudian dilatih pada sejumlah data besar untuk mengenali pola dan fitur dari gambar tersebut. Berdasarkan studi yang telah dilakukan, metode

ini merupakan salah satu metode terbaik dalam mengklasifikasikan gambar. Dalam penelitian ini, digunakan beberapa model *pre-trained* yaitu VGG16, DenseNet, dan sebuah model *pre-trained* yang dibuat oleh Google yaitu Big Transfer (BiT) sebagai *base* model dan CNN sebagai metode klasifikasi dengan tujuan mendapatkan model dengan akurasi terbaik untuk klasifikasi burung konservasi dan non-konservasi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model yang dapat membedakan antara burung konservasi dan non-konservasi sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat yang masih minim dalam mengenali spesies konservasi dan non-konservasi.

Penelitian ini dibagi ke dalam beberapa bagian. Bagian B akan memperkenalkan sistem dan pendekatan yang digunakan untuk mengklasifikasikan burung dalam konteks konservasi dan non-konservasi. Temuan dari serangkaian eksperimen akan disajikan di bagian C. Terakhir, pada bagian D, kami akan merangkum jurnal ini dan memberikan petunjuk mengenai langkah-langkah yang perlu diambil untuk penelitian selanjutnya.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti tahapan yang digambarkan dalam alur metode penelitian pada Gambar 1. Input yang digunakan berupa gambar burung yang selanjutnya akan diklasifikasikan ke dalam dua label, yaitu konservasi dan non-konservasi. Tahapan penelitian yang dilakukan dalam mengklasifikasikan gambar burung konservasi dan non-konservasi terdiri dari pengumpulan data dan penganotasian data, pra-pemrosesan data, pemrosesan skenario data, pembuatan model, evaluasi model dan optimalisasi model.



Gambar 1. Alur metode penelitian

1. Pengumpulan Data dan Penganotasian Data

Data diambil berdasarkan PERMEN 106 Tahun 2018 yang dibagi ke dalam 2 kelas yaitu, konservasi dan non-konservasi menggunakan teknik *web scraping*. Pada

kelas konservasi terdapat 5 spesies burung konservasi yaitu *Paradisaea minor* (cendrawasih), *Cacatua galerita* (kakatua koki), *Probosciger aterrimus* (kakatua raja), *Goura cristata* (mambruk ubiaat), dan *Cyclopsitta diophthalma* (nuri ara mata ganda). Sementara data spesies non-konservasi, dicari berdasarkan morfologi yang serupa dengan sampel yang dikumpulkan pada sampel data burung konservasi. Spesies burung yang kami dapatkan untuk spesies non-konservasi terdiri atas *Nymphicus hollandicus* (Cockatiel/Parkit Australia), *Calyptorhynchus banksii* (kakatua hitam), *Agapornis* (love bird), *Columba livia* (merpati) dan *Copsychus malabaricus* (murai batu). Data diperoleh kemudian dilakukan proses anotasi oleh ahli untuk memvalidasi data yang dikumpulkan.

2. Pra-Pemrosesan Data

Setelah data dikumpulkan dan dianotasi, tahap pra-pemrosesan data dilakukan untuk menyiapkan data gambar yang telah terkumpul. Pada penelitian ini, pra-pemrosesan data yang dilakukan adalah penyeimbangan data, augmentasi data dan pembagian data ke dalam *train set* dan *test set*. Augmentasi merupakan teknik mengolah data dengan cara memodifikasi data gambar [13]. Proses augmentasi yang dilakukan pada data *train* yaitu *zooming*, *shearing*, *shifting*, dan *flipping*. Augmentasi dilakukan guna menambah keragaman data gambar pada *train set* tanpa menambah data gambar kembali [14], sehingga dapat meningkatkan performa model dan menghindari terjadinya *overfitting* [15]. Kemudian, pada pra-pemrosesan data gambar yang telah kami dapatkan kemudian dilakukan penyeimbangan data dan dibagi menjadi *training set* dan *test set* menggunakan teknik *split validation* dengan persentase 80% untuk *training set* dan 20% untuk *test set*. Teknik ini akan membagi data secara acak sesuai perbandingan data yang ditentukan.

3. Pemrosesan Skenario Data

Pada tahap ini, data yang telah dibagi ke dalam *training set* dan *test set*, kemudian dilakukan beberapa skenario untuk menguji tingkat keakuratan setiap model. Data gambar yang dimiliki kemudian diproses dan dibagi kembali ke dalam 8 skenario pelatihan. Skenario ini dilakukan bertujuan untuk melihat efisiensi model dalam mempelajari data, berdasarkan jumlah data yang digunakan pada setiap skenario dan melihat kemampuan model dalam menggeneralisasi data, berdasarkan keragaman spesies terhadap suatu label konservasi dan non-konservasi.

4. Pembuatan Model

Pembuatan model pada penelitian ini menggunakan Kaggle dan Google Collab Notebook dengan menggunakan bahasa pemrograman Python dan *library machine learning* yang digunakan adalah Tensorflow. Setelah dilakukan pra-pemrosesan data dan pemrosesan skenario data, selanjutnya data gambar tersebut akan masuk proses *training* menggunakan beberapa *pre-trained* model, yaitu VGG16, DenseNet121, dan Big Transfer (BiT), sebagai *base model*. VGG16 merupakan *pre-trained* model yang dikembangkan oleh *Visual Geometry Group* Universitas Oxford. Model ini terdiri atas 16 *layer convolutional* dan *fully connected layer* [16]. DenseNet121 merupakan model yang dikembangkan pada tahun 2016

oleh Universitas California, San Diego. Model ini terdiri atas 121 *layer convolutional*, dimana setiap *layer* terhubung dengan *layer* sebelumnya [17]. Big Transfer (BiT) merupakan salah satu state of the art saat ini yang dikembangkan oleh Google. Model ini telah dilatih dalam sejumlah besar data dan dirancang untuk berbagai tugas yang berkaitan dengan computer vision [18].

Arsitektur yang digunakan untuk ketiga *pre-trained* model pada penelitian ini dijalankan tanpa adanya modifikasi pada model, hanya ditambahkan output layer sigmoid untuk menyesuaikan hasil klasifikasi. Untuk mencapai hasil klasifikasi yang optimal pada model yang digunakan pada penelitian ini, diperlukan optimalisasi nilai parameter, seperti jumlah *epoch*, *batch size*, *optimizer*, dan *learning rate*. Setelah penentuan nilai dari setiap parameter, selanjutnya dilakukan proses *training* pada setiap model yang akan digunakan. Model yang dilatih tersebut nantinya akan diuji menggunakan data *test* untuk mendapatkan hasil klasifikasi setiap model. Hasil klasifikasi yang didapatkan berupa nilai *loss* dan nilai *accuracy* dari proses *training* yang dilakukan.

5. Evaluasi Model dan Optimalisasi Model

Setelah mendapatkan hasil klasifikasi berupa nilai *accuracy*, selanjutnya dilakukan proses evaluasi pada model. Performa model terbaik dianalisa menggunakan *confusion matrix* yang dapat menunjukkan nilai akurasi dan metrik lainnya. *Confusion matrix* digunakan sebagai alat untuk menganalisa dan mendeterminasikan model terbaik berdasarkan perhitungan akurasi, *confusion matrix* tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Confusion matrix*

		Prediction	
		Gambar Konservasi	Gambar Non-konservasi
Actual	Gambar Konservasi	<i>True-positive (TP)</i>	<i>False Positive (FP)</i>
	Gambar Non-konservasi	<i>False Negative (FN)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Proses optimalisasi yang dapat dilakukan adalah perubahan *batch size* dan *learning rate* pada fungsi *loss* yang digunakan. Acuan untuk pengukuran optimalisasi menggunakan data yang memuat seluruh informasi dari data yang dikumpulkan [19].

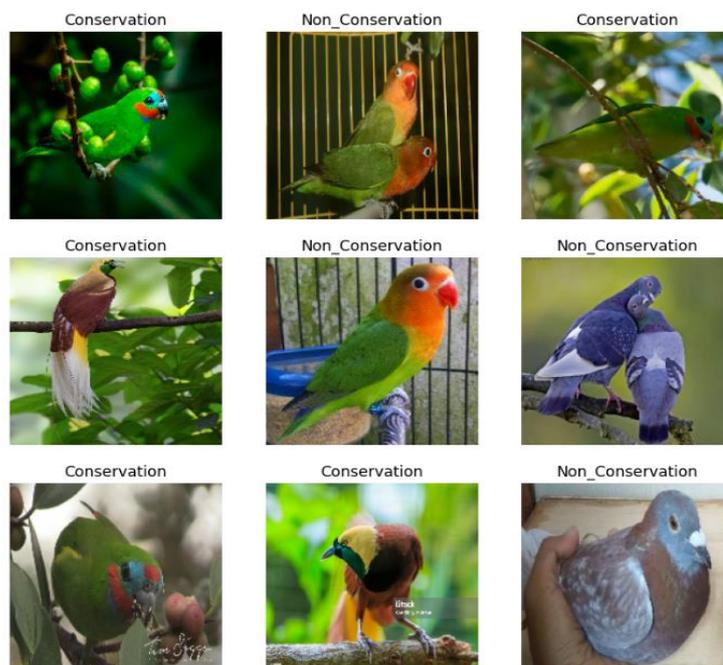
C. Hasil dan Pembahasan

1. Pengumpulan Data Dan Penganotasian Data

Data gambar burung yang dikumpulkan sebanyak 1000 gambar yang terbagi atas 10 jenis spesies. Selanjutnya data yang didapatkan dilakukan proses anotasi hingga menghasilkan total data sebanyak 928 gambar. Hasil dari pengumpulan dan anotasi data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Beberapa data dari spesies yang sudah dikumpulkan dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Tabel hasil anotasi

Kelas	Spesies	Data terkumpul	Total
Conserve	Cendrawasih	96	928
	Kakatua raja	99	
	kakatua koki	96	
	Mambruk	88	
	Nuri Ara	87	
Non Conserve	Cockatiel	83	
	Kakatua hitam	90	
	Love bird	98	
	Merpati	97	
	Murai batu	94	

**Gambar 2.** Gambar spesies burung konservasi dan non-konservasi

2. Pra-Pemrosesan Data

Setelah proses pengumpulan data dan anotasi, selanjutnya dilakukan penyeimbangan data. Proses penyeimbangan data menghasilkan sebanyak 800 data gambar yang akan digunakan dalam proses *training*. Selanjutnya, data tersebut dibagi ke dalam *train set* dan *test set* dengan komposisi 80% *training set* dan 20% *test set*. Rincian data yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rincian penggunaan data

Kelas	Spesies	Data digunakan	Train	Test
Conserve	Cendrawasih	80	64	16
	Kakatua raja	80	64	16
	kakatua koki	80	64	16
	Mambruk	80	64	16
	Nuri Ara	80	64	16
Non Conserve	Cockatiel	80	64	16
	Kakatua hitam	80	64	16
	Love bird	80	64	16
	Merpati	80	64	16
	Murai batu	80	64	16
Total		800	640	160

3. Pemrosesan Skenario Data

Tabel 4. Data skenario pre-processing

Skenario	Train	Test	Total	Data tidak digunakan	Kategori	
					Konservasi	Non-konservasi
1	640	160	800	Full Data	320	320
2	480	160	640	20% train	240	240
3	320	160	480	40% train	160	160
4	160	160	320	80% train	80	80
5	512	160	672	2 Spesies	256	256
6	384	160	544	4 Spesies	192	192
7	256	160	416	6 Spesies	128	128
8	128	160	288	8 Spesies	64	64

- **Skenario 1 : Pemrosesan dengan jumlah data seluruhnya.**
 1. Memproses seluruh gambar spesies burung yang ada didalam dataset
 2. Melakukan augmentasi pada seluruh gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 2 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 20% data train.**
 1. Menghilangkan 16 gambar pada setiap spesies yang termasuk pada kelas konservasi dan non-konservasi
 2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 3 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 40% data train.**
 1. Menghilangkan 32 gambar pada setiap spesies yang termasuk pada kelas konservasi dan non-konservasi
 2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 4 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 80% data train.**
 1. Menghilangkan 48 gambar pada setiap spesies yang termasuk pada kelas konservasi dan non-konservasi
 2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 5 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 1 jenis spesies pada kelas konservasi dan 1 spesies pada kelas non-konservasi**

1. Menghilangkan 64 gambar pada masing-masing kelas konservasi dan non-konservasi
2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 6 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 2 jenis spesies pada kelas konservasi dan 2 jenis spesies pada kelas non-konservasi**
 1. Menghilangkan 128 gambar pada masing-masing kelas konservasi dan non-konservasi
 2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 7 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 3 jenis spesies pada kelas konservasi dan 3 spesies pada kelas non-konservasi**
 1. Menghilangkan 192 gambar pada masing-masing kelas konservasi dan non-konservasi
 2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset
- **Skenario 8 : Pemrosesan data dengan menghilangkan 1 jenis spesies pada kelas konservasi dan 1 spesies pada kelas non-konservasi**
 1. Menghilangkan 256 gambar pada masing-masing kelas konservasi dan non-konservasi
 2. Melakukan augmentasi pada gambar yang ada pada dataset

Pada skenario 1 hingga 4 dilakukan untuk melihat efisiensi model dalam mempelajari data. Sementara itu, skenario 5 hingga 8 digunakan untuk melihat kemampuan model dalam melakukan generalisasi data untuk mengklasifikasikan antara kelas konservasi dan non-konservasi. Skenario tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

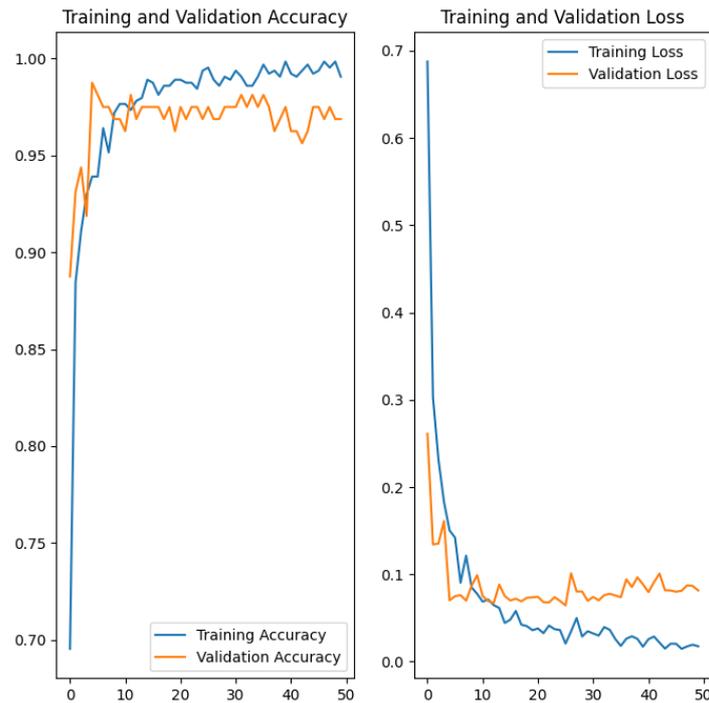
4. Pembuatan Model

Pembuatan model dimulai dengan menentukan beberapa *hyperparameter*, seperti *epoch*, *batch size*, *optimizer*, dan *learning rate*. Penentuan *hyperparameter* terbaik ditentukan berdasarkan grafik *loss* dan *accuracy* pada skenario pertama dari setiap model karena skenario ini tetap memuat seluruh informasi dari data yang dikumpulkan. Hasil parameter terbaik yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 5.

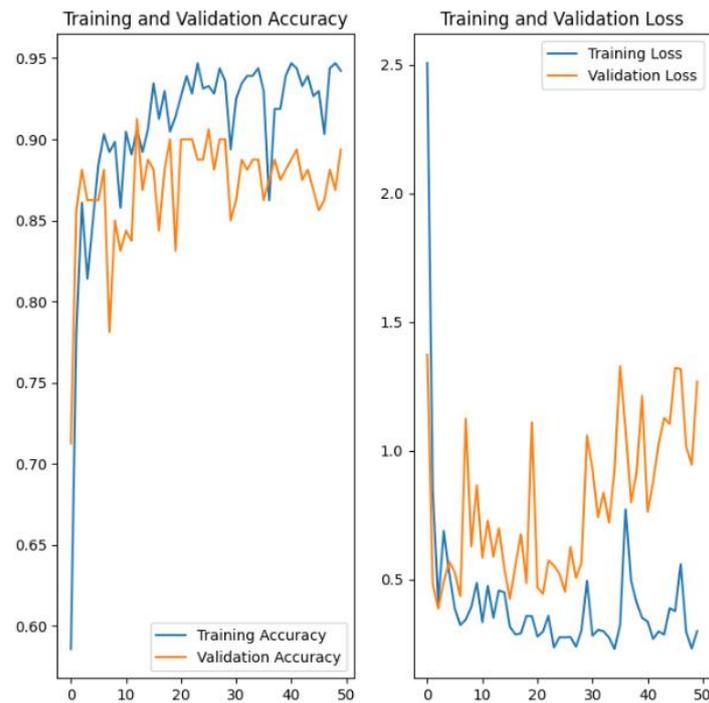
Tabel 5. Hyperparameter

Parameter	Nilai
<i>Epoch</i>	50
<i>Batch size</i>	32
<i>Optimizer</i>	Adam
<i>Learning rate</i>	0.001

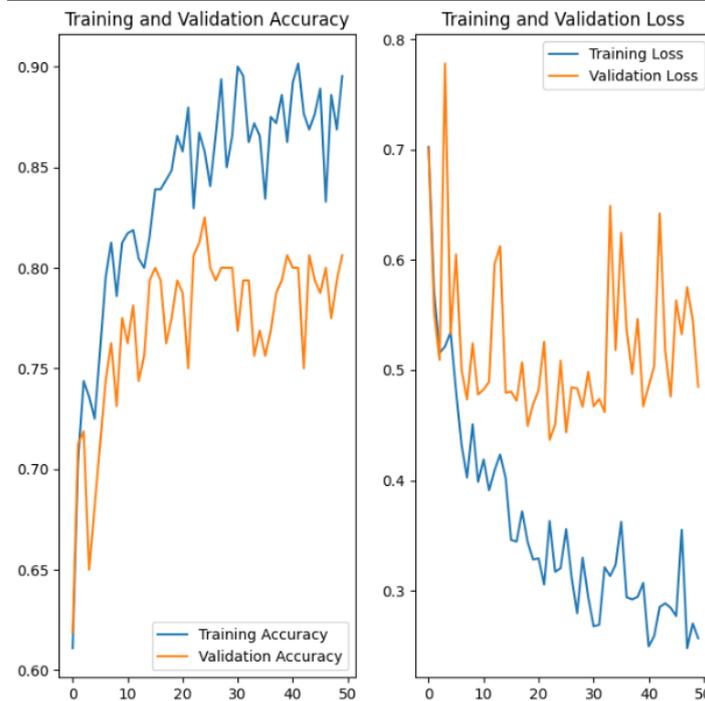
Hasil dari parameter tersebut menghasilkan nilai *loss* yang cukup rendah pada setiap model. Selain itu, *hyperparameter* tersebut juga menghasilkan akurasi terbaik pada setiap model. Nilai *loss* dan *accuracy* pada setiap model dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 3. Accuracy dan loss Big Transfer (BiT)



Gambar 4. Accuracy dan loss DenseNet121



Gambar 5. Accuracy dan loss VGG16

5. Evaluasi Model Dan Optimalisasi Model

Perbandingan antara setiap model yang digunakan dilakukan dalam 8 jenis skenario yang telah dilakukan pada tahap pemrosesan skenario data. Hasil skenario tersebut dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Hasil model pada skenario 1-4

Accuracy			
Skenario	Model		
	VGG16	DenseNet121	BiT
1	81,94	92,36	96,53
2	80,56	84,72	93,06
3	72,22	86,81	93,06
4	79,17	87,5	92,36

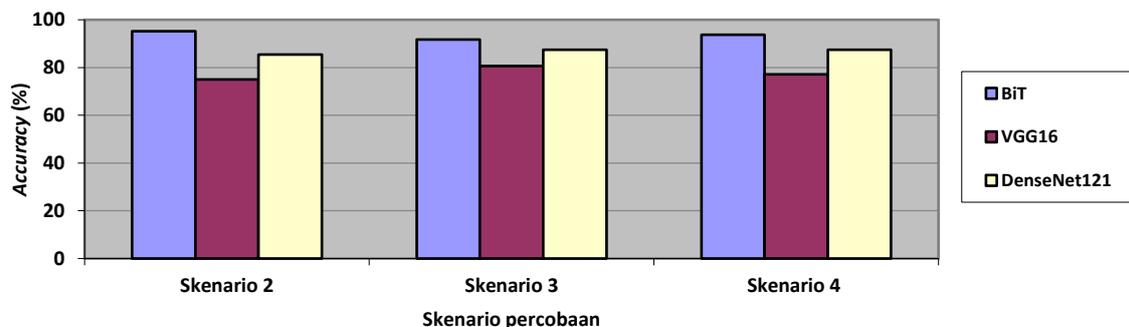
Tabel 7. Hasil model pada skenario 5-8

Accuracy			
Skenario	Model		
	VGG16	DenseNet121	BiT
5	77,08	86,81	92,36
6	75,69	78,47	89,58
7	65,97	65,28	63,89
8	62,5	61,81	62,5

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada 3 model, VGG16, DenseNet121, dan Big Transfer (BiT), ditemukan bahwa BiT memiliki rata-rata akurasi tertinggi dibandingkan dengan dua model lainnya. BiT model memiliki kemampuan memahami data yang lebih cepat, BiT memiliki akurasi 96,53% pada skenario 1, 93,06% pada skenario 2, 93,06% pada skenario 3, dan 92,36% pada skenario 4. Selain itu, BiT model juga memiliki kemampuan yang baik dalam menggeneralisasi data untuk setiap kelas, Pada skenario 5 BiT mendapatkan hasil 92,36% akurasi, 89,58% pada skenario 6, 63,89% pada skenario 7, dan 62,5% pada skenario 8. Sementara VGG16 model dan DenseNet121 model memiliki performa terbaik hanya pada skenario 1 untuk mengukur seberapa cepat model dalam memahami data dan pada skenario 5 untuk mengukur kemampuan model dalam menggeneralisasi data konservasi dan non-konservasi.

1. Skenario pengurangan data

Pengurangan data merupakan salah satu teknik yang dilakukan pada saat pemrosesan skenario data. Teknik ini digunakan untuk melihat apakah model yang diuji dapat melakukan proses klasifikasi pada data yang banyak hingga data yang sedikit. Sehingga dapat melihat seberapa efisien model dapat memahami data yang diberikan. Skenario ini dilakukan dengan mengurangi data train sebanyak 20%, 40%, dan 80%. Pengurangan data dilakukan pada 4 skenario awal (2, 3, 4). Berdasarkan hasil yang didapatkan pada setiap skenario, BiT model memiliki performa terbaik dibandingkan dengan kedua model lainnya. BiT model memiliki kemampuan mempelajari data lebih cepat dibandingkan kedua model lainnya. Selain itu, BiT model juga memiliki performa yang stabil baik itu pada data yang banyak hingga data yang sedikit. Hasil dari skenario ini dapat dilihat pada Gambar 6.

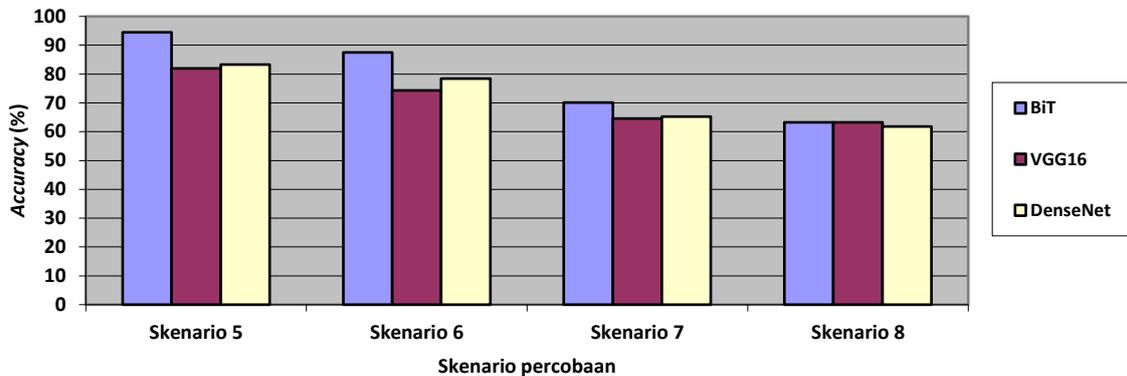


Gambar 6. Perbedaan akurasi pada skenario pengurangan data

2. Skenario menghilangkan gambar beberapa spesies

Skenario ini dilakukan untuk melihat performa model dalam menggeneralisasi data yang diberikan. Proses generalisasi ini dilakukan untuk melihat performa model dalam mengklasifikasikan data ke dalam kelas konservasi dan non-konservasi dengan melihat fitur pada gambar pada data yang tersedia. Proses menghilangkan data dilakukan pada 4 skenario terakhir (5, 6, 7, 8). Berdasarkan hasil yang didapatkan, terlihat bahwa akurasi yang diberikan setiap model mengalami penurunan akurasi terutama pada skenario 7 dan 8. Model masih bekerja dengan baik pada skenario 5, dimana jumlah spesies yang dihilangkan

hanya 2 jenis. Ini terjadi karena data yang ada pada dataset masih beragam sehingga kemampuan model dalam menggeneralisasi masih cukup baik, sebaliknya pada skenario 7 dan 8 kemampuan generalisasi model menurun karena data yang ada tidak cukup untuk melakukan proses generalisasi, sehingga fitur pada gambar yang ada pada gambar sangat sedikit yang digunakan dalam proses generalisasi. Hasil dari skenario ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbedaan akurasi pada skenario generalisasi model

3. Prediction Error

Experimen dengan mengukur tingkat akurasi model dalam menggeneralisasi data pada dataset diterapkan dalam *prediction error*. Tabel 8 memperlihatkan *confusion matrix* dari prediksi data *test* yang telah digambarkan pada Tabel 1. Hasil pada *confusion matrix* dapat menggambarkan hasil pada Tabel 6 dan Tabel 7. Berdasarkan konfigurasi *hyperparameter* terbaik model yang telah diterapkan, model BiT memiliki lebih sedikit kesalahan prediksi dibandingkan dengan DenseNet121 dan VGG16. Secara keseluruhan, model BiT cenderung lebih baik dalam menggeneralisasi data dengan tingkat *error* yang lebih kecil dibandingkan kedua model lainnya. Pada skenario 7, BiT dan DenseNet121 model cenderung salah mengklasifikasikan gambar burung konservasi sebagai gambar burung non-konservasi (FN). Kesalahan dalam mengklasifikasikan gambar disebabkan oleh kurang beragamnya data *train* sehingga model hanya mendapatkan sedikit fitur dari gambar dalam proses generalisasi. Kesalahan ini dapat terlihat pada beberapa spesies seperti pada spesies "*Probosciger aterrimus*", "*Goura cristata*", dan "*Cyclopsitta diophthalma*". Fitur pada spesies ini seperti "paruh" dan "warna" pada spesies tersebut dianggap lebih mendekati kepada spesies non-konservasi. Pada model, VGG16 cenderung salah mengklasifikasikan gambar burung non-konservasi sebagai gambar burung konservasi (FP). Kesalahan ini terjadi pada spesies "*Calyptorhynchus banksii*", fitur seperti "paruh" pada spesies ini membuat model mengklasifikasikan spesies ini kepada kelas konservasi. "Paruh" pada spesies ini dianggap lebih mirip kepada salah satu spesies pada kelas konservasi yaitu spesies "*Cacatua galerita*". Sementara pada skenario 8, setiap model cenderung mengklasifikasikan gambar burung non-konservasi sebagai gambar burung konservasi (FP). Kesalahan klasifikasi yang terjadi selain disebabkan oleh kurang beragamnya data, juga terjadi karena sedikitnya data yang digunakan, sehingga mengakibatkan model menjadi bingung dalam melakukan proses klasifikasi karena kurangnya fitur yang akan digunakan model dalam proses klasifikasi oleh model.

Pada skenario 8 DenseNet121 dan VGG16 model tidak mampu dalam melakukan generalisasi pada beberapa spesies non-konservasi, seperti “*Nymphicus hollandicus*”, “*Calyptorhynchus Banksii*”, “*Agapornis*”, dan “*Columba livia*”. Sebaliknya pada kelas konservasi, kedua model cukup baik dalam mengklasifikasikan gambar dibandingkan dengan BiT.

DenseNet121 dan VGG16 model mendemonstrasikan performa yang lebih rendah dalam hal metrik akurasi dibandingkan dengan BiT. Namun, jika dilihat pada skenario 7 dan 8, DenseNet121 dapat dipertimbangkan untuk melakukan proses generalisasi. Ini terjadi karena *error rate* yang terjadi pada DenseNet lebih kecil dibandingkan dengan BiT dan VGG16 model.

Tabel 8. Model *prediction confusion matrix* performa terbaik dan performa terburuk skenario *test data*

Model	Skenario	TP	FP	TN	FN
BiT	1	78	3	77	2
	7	37	9	71	43
	8	57	39	41	23
DenseNet121	1	78	15	65	2
	7	44	14	66	36
	8	78	61	19	2
VGG16	1	67	18	62	13
	7	63	34	46	17
	8	70	53	27	10

D. Simpulan

Dengan mengacu pada hasil didapatkan, dapat disimpulkan bahwa Big Transfer (BiT) model merupakan model yang paling efektif dalam mengklasifikasikan burung konservasi dan non-konservasi karena memiliki kemampuan dalam memahami data dan proses generalisasi yang lebih baik. BiT mampu mencapai akurasi 96,53% lebih tinggi dibandingkan dua model lainnya, efektifitas dari model ini dapat dilihat pada akurasi yang stabil pada skenario 2-4, BiT mampu mendapatkan skor diatas 90% pada setiap skenario pengurangan data. Sementara, kemampuan generalisasi model ini dapat dilihat pada skenario 5-8, BiT memiliki kesalahan klasifikasi yang lebih rendah dibandingkan kedua model lainnya. Akurasi yang dihasilkan belum sepenuhnya sempurna, sehingga diperlukan pengembangan lebih jauh dalam meningkatkan akurasi.

Untuk meningkatkan akurasi, terutama pada proses generalisasi data, dapat dilakukan dengan menambah keragaman gambar pada dataset menggunakan gambar yang memiliki fitur yang serupa, sehingga dapat menghasilkan lebih banyak fitur yang dapat digunakan dalam proses generalisasi gambar dan meningkatkan akurasi model.

E. Referensi

- [1] Conservation International., “Report of Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority Setting Workshop. Jakarta,,” 1999.
- [2] Kementerian Lingkungan hidup dan Kehutanan Republik Indonesia,

- “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018,” 2018.
- [3] C. Mainase, H. Warmetan, and A. S. Sinery, “Keragaman Dan Kepadatan Populasi Spesies Burung Pada Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Papua,” *J. Kehutan. Papuasiasia*, vol. 2, no. 1, pp. 10–16, 2019, doi: 10.46703/jurnalpapuasiasia.vol2.iss1.40.
- [4] N. N. Mursalin Yasland, “Laporan: Perdagangan Burung Ilegal Masih Marak di Indonesia, Ini Daftar Provinsi Terbanyak,” 2023. <https://news.republika.co.id/berita/ro5ls0320/laporan-perdagangan-burung-ilegal-masih-marak-di-indonesia-ini-daftar-provinsi-terbanyak#:~:text=Dari data FLIGHT%2C terdapat 10,Barat 3%2C dan Bali 2> (accessed Dec. 04, 2023).
- [5] A. M. Arsyad, “Identifikasi Kesadaran Masyarakat Terhadap Konservasi Dan Rehabilitasi Burung,” *Sosio-Didaktika Soc. Sci. Educ. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 81–91, 2017, doi: 10.15408/sd.v4i1.4393.
- [6] A. B. Sinuhaji, A. G. Putrada, and H. H. Nuha, “Klasifikasi Gambar dari Prototipe Camera Trap Menggunakan Model ResNet-50 untuk Mendeteksi Satwa Dilindungi,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 10544–10555, 2021.
- [7] S. Binta Islam, D. Valles, T. J. Hibbitts, W. A. Ryberg, D. K. Walkup, and M. R. J. Forstner, “Animal Species Recognition with Deep Convolutional Neural Networks from Ecological Camera Trap Images,” *Animals*, vol. 13, no. 9, pp. 1–24, 2023, doi: 10.3390/ani13091526.
- [8] V. C. Asmita Manna, Nilam Upasani, Shubham Jadhav, Raturaj Mane, Rutuja Chaudhari, “Bird Image Classification using Convolutional Neural Network Transfer Learning Architectures,” *Multidiscip. Sci. J.*, vol. 5, no. 4, pp. 854–864, 2023, doi: 10.31893/multiscience.2023039.
- [9] W. Zhang, X. Fu, and W. Li, “The intelligent vehicle target recognition algorithm based on target infrared features combined with lidar,” *Comput. Commun.*, vol. 155, no. March, pp. 158–165, 2020, doi: 10.1016/j.comcom.2020.03.013.
- [10] Z. Yin and F. You, “Rare animal image recognition based on convolutional neural network,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 545–549, 2020, doi: 10.1145/3443467.3443813.
- [11] Z. Li, F. Liu, W. Yang, S. Peng, and J. Zhou, “A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects,” *IEEE Trans. Neural Networks Learn. Syst.*, vol. 33, no. 12, pp. 6999–7019, 2022, doi: 10.1109/TNNLS.2021.3084827.
- [12] L. Chen, S. Li, Q. Bai, J. Yang, S. Jiang, and Y. Miao, “Review of image classification algorithms based on convolutional neural networks,” *Remote Sens.*, vol. 13, no. 22, pp. 1–51, 2021, doi: 10.3390/rs13224712.
- [13] N. IBRAHIM *et al.*, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Pucuk Daun Teh menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 1, p. 162, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i1.162.
- [14] M. Fikri, N. Syahbani, and N. G. Ramadhan, “Klasifikasi Gerakan Yoga dengan Model Convolutional Neural Network Menggunakan Framework Streamlit,” *Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 1, pp. 509–519, 2023, doi:

- 10.30865/mib.v7i1.5520.
- [15] A. D. P. Ariyanto, S. Hasanah, M. B. Subkhi, and N. Suciati, "Analisis Penggunaan Pra-proses pada Metode Transfer Learning untuk Mendeteksi Penyakit Daun Singkong," *Techno.Com*, vol. 22, no. 2, pp. 336–347, 2023, doi: 10.33633/tc.v22i2.7769.
 - [16] K. Simonyan and A. Zisserman, "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition," *3rd Int. Conf. Learn. Represent. ICLR 2015 - Conf. Track Proc.*, pp. 1–14, 2015.
 - [17] G. Huang, Z. Liu, L. Van Der Maaten, and K. Q. Weinberger, "Densely connected convolutional networks," *Proc. - 30th IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognition, CVPR 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 2261–2269, 2017, doi: 10.1109/CVPR.2017.243.
 - [18] A. Kolesnikov *et al.*, "Big Transfer (BiT): General Visual Representation Learning," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 12350 LNCS, pp. 491–507, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-58558-7_29.
 - [19] K. M. Auditama, M. D. Purbolaksono, and A. Romadhony, "Indonesian Headline Detection on Twitter Social Media," *2023 Int. Conf. Data Sci. Its Appl. ICoDSA 2023*, pp. 71–76, 2023, doi: 10.1109/ICoDSA58501.2023.10276509.