

KLASIFIKASI SPESIES BURUNG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh :

Muhammad Rifqi Edrial
NIM : 09021382126155

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
KLASIFIKASI SPESIES BURUNG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:
MUHAMMAD RIFQI EDRIAL
09021382126155

Pembimbing 1 : **Alvi Syahrini Utami, M.Kom.**
NIP. 197812222006042003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari Jum'at tanggal 12 September 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Muhammad Rifqi Edrial

NIM : 09021382126155

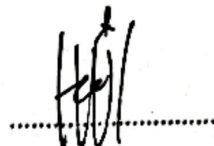
Judul : Klasifikasi Spesies Burung Menggunakan *Convolutional Neural Network*

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua Penguji

Hadipurnawan Satria, Ph.D.

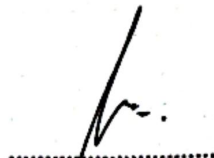
NIP. 198004182020121001



2. Penguji

Rizki Kurniati, S.Kom., M.T.

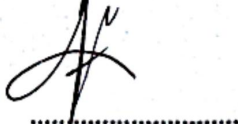
NIP. 199107122019032016



3. Pembimbing

Alvi Syahrini Utami, S.Si., M.Kom.

NIP. 197812222006042003



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D.

NIP. 198004182020121001



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rifqi Edrial

NIM : 09021382126155

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Kripsi : Klasifikasi Spesies Burung Menggunakan *Convolutional Neural Network*

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin*: 4%

Menyatakan bawa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari pihak mana pun.



Palembang, 14 Oktober 2025



Muhammad Rifqi Edrial
NIM. 09021382126155

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Ada banyak bunga di luar sana, namun waktu yang kamu habiskan pada
bungamu, itulah yang membuatnya spesial.”

“bentuk tertinggi dari pengetahuan adalah empati.”

“Daripada mempertanyakan sikap orang lain, lebih baik memahami kenapa
seseorang lebih memilih untuk diam”

(Muhammad Rifqi Edrial)

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- **Orang tua, Saudara/i, dan keluargaku**
- **Dosen pembimbing**
- **Teman-teman seperjuangan**
- **Fakultas Ilmu Komputer**
- **Universitas Sriwijaya**

Abstract

Indonesia, with its high biodiversity, is home to 1,539 bird species, some of which have morphological similarities that make manual identification challenging. This research aims to develop a bird species classification model in Indonesia using a Convolutional Neural Network (CNN) with the EfficientNet-B0 architecture to improve identification accuracy and speed. The model was trained using 10 Indonesian bird species taken from 500 bird species classification secondary image dataset on Kaggle. This study compares the performance of the Rectified Linear Unit (ReLU) and Swish activation functions to determine their impact on the model's performance. The results indicate that the CNN model with the EfficientNet-B0 architecture and the Rectified Linear Unit activation function achieved the highest accuracy of 99.7%, with a precision of 99.8%, recall of 99.7%, and an f1-score of 99.7%. This performance demonstrates that the developed model can be an effective solution for automated and accurate bird species classification.

Keywords: *Bird, Classification, Convolutional Neural Network, EfficientNet-B0, ReLU, Swish.*

Abstrak

Indonesia, dengan keanekaragaman hayati yang tinggi, memiliki 1.539 jenis burung, beberapa di antaranya memiliki kemiripan morfologi yang menyulitkan identifikasi secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi spesies burung di Indonesia menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *EfficientNet-B0* untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan identifikasi. Model ini dilatih menggunakan 10 dataset citra spesies burung Indonesia sekunder yang diambil dari *500 bird species classification* yang tersedia pada situs *Kaggle*. Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan kinerja fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU) dan *Swish* untuk mengetahui dampaknya terhadap performa model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CNN dengan arsitektur *EfficientNet-B0* dan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* mencapai akurasi tertinggi sebesar 99,7%, dengan nilai *precision* 99,8%, *recall* 99,7%, dan *f1-score* 99,7%. Kinerja ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu menjadi solusi yang efektif untuk klasifikasi spesies burung secara otomatis dan akurat.

Kata Kunci: Klasifikasi, Burung, *Convolutional Neural Network*, *EfficientNet-B0*, ReLU, Swish.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang tiada terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Klasifikasi Spesies Burung Menggunakan *Convolutional Neural Network*.” Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata-1 pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik dalam segi materil maupun moril selama proses pembuatan tugas akhir ini. Adapun penulis merujuk secara khusus pihak yang telah membantu sebagai berikut:

1. Bapak Muhammad Syahrial dan Ibu Eni Wahyuni, selaku orang tuaku tersayang. serta keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan.
2. Bapak Prof. DR. Erwin, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Bapak Hadipurnawan Satria, S.Kom, M.Sc, Ph.D. selaku ketua jurusan Teknik Informatika.
4. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, kritik, dan saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama perkuliahan.
6. Staf Jurusan Teknik Informatika beserta Staf Fakultas Ilmu Komputer yang telah membantu dalam urusan administrasi dan akademik selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman IF Bilingual A angkatan 2021 terutama, Julian Sianipar, Rafi Wisesa, Achmad Rausan Fiker, Algafaru, Ksatria, Farhan, dan Candra Irawan yang selalu membagikan informasi, menciptakan momen

kebersamaan dan selalu menemani selama perkuliahan yang tentu saja tidak akan pernah dilupakan.

8. Semua pihak lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah berperan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir, penulis ucapkan terima kasih banyak atas semuanya.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis secara khusus dan bagi pembaca pada umumnya, serta menjadi referensi yang berguna bagi penelitian selanjutnya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar karya ini dapat menjadi lebih baik serta menjadi bekal pengetahuan yang bermanfaat bagi penelitian di masa mendatang.

Palembang, 14 Oktober 2025



Muhammad Rifqi Edrial

Daftar Isi

HALAMAN PENGESAHAN.....	II
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI.....	III
HALAMAN PERNYATAAN	IV
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	V
ABSTRACT.....	VI
ABSTRAK.....	VII
KATA PENGANTAR	VIII
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR TABLE.....	XIV
DAFTAR GAMBAR	XVI
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Batasan Masalah.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-7
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Deep Learning.....	II-1
2.2.2 Convolutional Neural Network.....	II-2
2.2.2.1 Convolution Layer	II-4
2.2.2.2 Pooling Layer.....	II-7

2.2.2.3	ReLU (Rectified Linear Unit).....	II-11
2.2.2.4	Swish.....	II-11
2.2.2.5	Flattening Layer	II-12
2.2.2.6	Fully Connected Layer.....	II-12
2.2.3	Arsitektur <i>EfficientNet-B0</i>	II-13
2.2.4	<i>Confusion Matrix</i>	II-14
2.2.5	<i>Rational Unified Process</i>	II-17
2.3	Penelitian Lain yang Relevan.....	II-19
2.4	Kesimpulan.....	II-20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Pendahuluan	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis dan Sumber Data	III-1
3.2.2	Metode Pengumpulan Data	III-2
3.3	Tahapan Penelitian	III-3
3.3.1	Pengumpulan Data	III-4
3.3.2	Penentuan Kerangka Kerja.....	III-5
3.3.3	Penentuan Kriteria Pengujian.....	III-7
3.3.4	Penentuan Format Data Pengujian	III-7
3.3.5	Penentuan Alat Bantu Penelitian.....	III-9
3.3.6	Uji Penelitian.....	III-9
3.3.7	Analisa Hasil Pengujian dan Kesimpulan	III-10
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-10
3.4.1	Fase <i>Inception</i>	III-10
3.4.2	Fase <i>Elaboration</i>	III-11
3.4.3	Fase <i>Construction</i>	III-11
3.4.4	Fase <i>Transition</i>	III-11
3.5	Manajemen Proyek Penelitian.....	III-12
3.6	Kesimpulan.....	III-15
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1

4.2	Fase Inception.....	IV-1
4.2.1	Pemodelan Bisnis.....	IV-1
4.2.2	Kebutuhan sistem.....	IV-3
4.2.3	Analisis dan Desain.....	IV-4
4.2.3.1	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	IV-4
4.2.3.2	Analisis Data	IV-5
4.2.3.3	Analisis Klasifikasi Menggunakan Convolutional Neural Network	IV-5
4.2.4	Implementasi.....	IV-15
4.3	Fase Elaboration	IV-21
4.3.1	Pemodelan Bisnis.....	IV-21
4.3.1.1	Perancangan Data.....	IV-21
4.3.1.2	Perancangan Antarmuka	IV-21
4.3.2	Kebutuhan Sistem	IV-23
4.3.3	<i>Activity Diagram</i>	IV-23
4.3.4	<i>Sequence Diagram</i>	IV-27
4.4	Fase Construction	IV-29
4.4.1	<i>Class Diagram</i>	IV-29
4.4.2	Implementasi.....	IV-29
4.4.2.1	Implementasi Class Diagram	IV-30
4.4.2.2	Implementasi Interface.....	IV-31
4.5	Fase <i>Transition</i>	IV-33
4.5.1	Pemodelan Bisnis.....	IV-33
4.5.2.1	Rencana Pengujian	IV-34
4.5.2.2	Implementasi	IV-35
4.6	Kesimpulan.....	IV-36
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN.....		V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1	Konfigurasi Percobaan	V-1
5.2.2	Penentuan Parameter.....	V-2
5.2.3	Hasil Pelatihan	V-4

5.2.4	Hasil Pengujian	V-8
5.3	Analisis Hasil Pengujian Secara Keseluruhan.....	V-12
5.4	Kesimpulan.....	V-18
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1
6.2	Kesimpulan.....	VI-1
6.3	Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		VII
DAFTAR LAMPIRAN.....		X

DAFTAR TABLE

Tabel III-1. Rancangan Tabel <i>Confusion Matrix</i>	IV-8
Tabel III-2. Analisis Pengujian.....	III-10
Tabel III-3. <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).....	III-12
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-3. <i>Pseudocode</i> Program Model.....	IV-10
Tabel IV-4. <i>Pseudocode</i> Program Pelatihan <i>ReLU</i>	IV-12
Tabel IV-5. <i>Pseudocode</i> Program Pelatihan <i>Swish</i>	IV-15
Tabel IV-6. Tabel Definisi Aktor.....	IV-16
Tabel IV-7. Tabel Definisi <i>Use case</i>	IV-17
Tabel IV-8. Tabel Skenario Input Data.....	IV-17
Tabel IV-9. Tabel Skenario Memilih Aktivasi <i>ReLU</i>	IV-18
Tabel IV-10. Tabel Skenario Memilih Aktivasi <i>Swish</i>	IV-20
Tabel IV-11. Deskripsi Kelas.....	IV-29
Tabel IV-12. Rencana Pengujian <i>Use case Input Gambar</i>	IV-33
Tabel IV-13. Rencana Pengujian <i>Use</i> Memilih aktivasi <i>ReLU</i>	IV-33
Tabel IV-14. Rencana Pengujian <i>Use</i> Memilih aktivasi <i>Swish</i>	IV-33
Tabel IV-15. Pengujian <i>Use case Input Gambar</i>	IV-34
Tabel IV-16. Pengujian <i>Use case</i> Klasifikasi CNN + ReLU	IV-34

Tabel IV-17. Pengujian <i>Use case</i> Klasifikasi CNN + <i>Swish</i>	IV-35
Tabel V-1. Hasil <i>Trial</i>	V-3
Tabel V-2. Hasil Evaluasi Pengujian CNN + <i>ReLU</i>	V-8
Tabel V-1. Hasil Evaluasi Pengujian CNN + <i>Swish</i>	V-11

DAFTAR GAMBAR

Gambar II – 1 Arsitektur CNN.....	II-3
Gambar II – 2 Proses pada <i>Convolution Layer</i>	II-5
Gambar II – 3 Proses pada <i>Pooling Layer</i>	II-7
Gambar II – 4 Proses pada <i>Max Pooling</i>	II-8
Gambar II – 5 Proses pada <i>Average Pooling</i>	II-9
Gambar II – 6 Proses pada <i>Global Max Pooling</i>	II-10
Gambar II – 7 Proses pada <i>Global Average Pooling</i>	II-10
Gambar II – 8 <i>Confusion Matrix</i>	II-13
Gambar II – 9 <i>Confusion Matrix multi-class</i>	II-14
Gambar II – 10 Arsitektur <i>Rational Unified Process</i>	II-17
Gambar III – 1 Contoh Citra Dataset.....	III-2
Gambar III – 2 Tahapan Penelitian.....	III-4
Gambar III – 3 Kerangka Kerja Penelitian	III-5
Gambar IV – 1 Model CNN berarsitektur <i>EfficientNet-B0</i>	IV-6
Gambar IV – 2 Hasil <i>Resizing</i>	IV-7
Gambar IV – 3 Hasil <i>Rescaling</i>	IV-7
Gambar IV – 4 Hasil <i>Random Flip</i>	IV-7
Gambar IV – 5 Hasil <i>Random Rotation</i>	IV-8

Gambar IV – 6 Hasil <i>Random Zoom</i>	IV-8
Gambar IV – 7 Hasil <i>Contrast</i>	IV-9
Gambar IV – 8 <i>Use Case Diagram</i>	IV-16
Gambar IV – 9 Rancangan Halaman Utama Sistem	IV-22
Gambar IV – 10 Rancangan <i>Dropdown</i> Pilihan Aktivasi	IV-22
Gambar IV – 11 <i>Activity Diagram</i> Input Gambar	IV-23
Gambar IV – 12 <i>Activity Diagram</i> Aktivasi <i>ReLU</i>	IV-24
Gambar IV – 13 <i>Activity Diagram</i> Aktivasi <i>Swish</i>	IV-25
Gambar IV – 14 <i>Sequence Diagram</i> Input gambar	IV-26
Gambar IV – 15 <i>Sequence Diagram</i> Klasifikasi CNN + <i>ReLU</i>	IV-27
Gambar IV – 16 <i>Sequence Diagram</i> Klasifikasi CNN + <i>Swish</i>	IV-27
Gambar IV – 17 <i>Class Diagram</i>	IV-28
Gambar IV – 18 <i>Interface</i> Input Gambar	IV-31
Gambar IV – 19 <i>Interface</i> Pemilihan Aktivasi.....	IV-31
Gambar IV – 20 <i>Interface</i> Hasil Klasifikasi.....	IV-32
Gambar V – 1 Hasil Akurasi Pelatihan Menggunakan Aktivasi <i>ReLU</i>	V-5
Gambar V – 2 Hasil Loss Pelatihan Menggunakan Aktivasi <i>ReLU</i>	V-5
Gambar V – 3 Hasil Akurasi Pelatihan Menggunakan Aktivasi <i>Swish</i>	V-6

Gambar V – 4 Hasil Loss Pelatihan Menggunakan Aktivasi <i>Swish</i>	V-6
Gambar V – 5 Hasil <i>Confusion Matrix</i> CNN Menggunakan Aktivasi <i>ReLU</i> ..	V-8
Gambar V – 6 Hasil <i>Confusion Matrix</i> CNN Menggunakan Aktivasi <i>ReLU</i>	V-10
Gambar V – 7 Perbandingan Nilai <i>Accuracy</i>	V-13
Gambar V – 8 Perbandingan Nilai <i>Precision</i>	V-8
Gambar V – 9 Perbandingan Nilai <i>Recall</i>	V-9
Gambar V – 10 Perbandingan Nilai <i>F1-Score</i>	V-15
Gambar V – 11 Perbandingan Nilai <i>Mean</i>	V-16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Dalam bab ini, akan diuraikan secara mendetail tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan. Bab ini akan ditutup dengan kesimpulan yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai hasil penelitian.

1.2 Latar Belakang

Burung adalah kelompok hewan vertebrata yang berkembang biak melalui perkawinan, memiliki bulu, warna, serta suara yang indah dan bervariasi. Indonesia merupakan salah satu pusat keanekaragaman hayati dunia, dengan 1.539 jenis burung yang dapat ditemui, menjadikan negara ini rumah bagi sebagian besar spesies burung di planet ini. Namun, kekayaan luar biasa ini berada di bawah ancaman serius. Laju deforestasi yang masif, perburuan liar, dan perdagangan satwa ilegal telah mendorong banyak spesies ke ambang kepunahan. Setiap jenis burung memiliki ciri khas dan keunikan masing-masing, dan keberadaan mereka sangat bergantung pada keseimbangan ekosistem yang rapuh, seperti ketersediaan air, kondisi tanah, suhu, cahaya matahari, serta faktor biologis lainnya seperti keberadaan satwa lain ataupun jenis vegetasi (Raihan Maulana et al., 2023).

Beberapa spesies burung memiliki perbedaan morfologi yang sangat kecil, yang membuat proses identifikasi menjadi sangat sulit. Dalam situasi krisis seperti sekarang, metode identifikasi tradisional yang lambat dan membutuhkan keahlian

khusus menjadi penghalang besar bagi upaya konservasi yang efektif. Kesalahan atau keterlambatan dalam mengidentifikasi spesies dapat berakibat fatal, menghambat penegakan hukum terhadap perdagangan ilegal, dan menggagalkan program perlindungan habitat. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode yang cepat, akurat, dan dapat diakses secara luas untuk mendeteksi serta mengidentifikasi jenis-jenis burung di Indonesia. Hal ini menjadi kebutuhan mendesak agar berbagai jenis burung dapat dengan mudah diidentifikasi, yang akan memungkinkan para pegiat konservasi, peneliti, dan pemerintah untuk mendata populasi secara *real-time* serta memberikan tindakan perlindungan yang tepat sasaran.

Proses klasifikasi ini dapat dilakukan secara efisien menggunakan teknologi *Computer Vision* yang memungkinkan sistem untuk menganalisis dan melakukan klasifikasi pada gambar. Dengan perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya pada proses klasifikasi citra digital, terdapat banyak metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah *Convolutional Neural Network* (CNN).

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma kecerdasan buatan yang tergolong dalam kategori *Deep Learning*, karena memiliki jaringan dengan struktur yang dalam. CNN merupakan algoritma yang sangat populer dan banyak digunakan dalam pengolahan citra dan pola. CNN dirancang untuk mempelajari fitur-fitur dari data dengan cara meminimalisir kebutuhan untuk proses pra-pemrosesan data. CNN telah menunjukkan keunggulan dalam berbagai tugas klasifikasi citra karena kemampuannya mendeteksi pola spasial dan visual, seperti warna, tekstur, bentuk, dan ukuran. Arsitektur CNN memungkinkan komputer

untuk secara otomatis mempelajari karakteristik dari dataset gambar burung yang beragam, sehingga mampu mengidentifikasi spesies dengan tingkat akurasi yang tinggi. Di tengah laju kepunahan yang terus meningkat, pemanfaatan CNN dalam klasifikasi spesies burung bukan lagi sekadar inovasi, melainkan sebuah alat krusial untuk aplikasi praktis, seperti pelestarian satwa liar, pemantauan ekosistem, serta penegakan hukum dalam upaya perlindungan spesies yang langka atau terancam punah. Keberhasilan CNN terletak pada kemampuannya meniru sistem pengenalan citra pada korteks visual manusia, yang memungkinkannya memproses informasi visual dengan efisien (Maulana et al., 2023).

Neeli et al. (2023) juga telah melakukan klasifikasi spesies burung menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur EfficientNet-B0 untuk mengklasifikasikan beberapa spesies burung berdasarkan data citra. Penelitian ini mencapai akurasi yang baik, dengan rentang akurasi antara 89,19% hingga 92,0%, serta nilai *test loss* sebesar 0,45789 dalam mengidentifikasi berbagai spesies burung. Hasil ini dapat diperoleh berkat integrasi *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur EfficientNet-B0 dan *transfer learning*, yang menghasilkan model dengan performa yang unggul dan stabil.

Berdasarkan penelitian di atas serta kebutuhan mendesak untuk mempercepat upaya konservasi di Indonesia, *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur EfficientNet-B0 akan digunakan pada penelitian ini untuk mengklasifikasikan spesies burung di Indonesia berdasarkan data citra.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengembangkan model *Convolutional Neural Network (CNN)* berdasarkan arsitektur *EfficientNet-B0* untuk mengklasifikasikan spesies burung ?
2. Bagaimana perbandingan kinerja model klasifikasi spesies burung berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* antara penggunaan fungsi aktivasi ReLU dan Swish, ditinjau dari metrik evaluasi akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*?

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mengembangkan model klasifikasi spesies burung yang ada di Indonesia menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* berdasarkan arsitektur *EfficientNet-B0*.
2. Mengetahui dan membandingkan kinerja model klasifikasi spesies burung berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan menggunakan fungsi aktivasi ReLU dan Swish berdasarkan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* untuk menentukan fungsi aktivasi yang paling optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini :

1. Menghasilkan model klasifikasi dengan presisi yang lebih baik dalam mengidentifikasi spesies burung yang ada di Indonesia menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)*.
2. Menganalisis serta membandingkan kinerja model klasifikasi yang menggunakan fungsi aktivasi ReLU dan Swish berdasarkan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* guna menentukan fungsi aktivasi yang menghasilkan performa paling optimal.

1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka diperlukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa citra sekunder spesies burung di Indonesia sebanyak 1.688 gambar yang terbagi dalam 10 kelas, diambil dari dataset *500 Bird Species Classification* yang tersedia di Kaggle.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada pengklasifikasian spesies burung menggunakan model *Convolutional Neural Network (CNN)* dan arsitektur *EfficientNet-B0*.
3. Penelitian ini hanya membandingkan kinerja model CNN dengan menggunakan dua fungsi aktivasi, yaitu *ReLU* dan *Swish*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang permasalahan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang diangkat, tujuan dari penelitian yang akan dicapai, manfaat dari hasil penelitian, serta batasan masalah yang ditetapkan untuk memperjelas fokus dan ruang lingkup penelitian.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi kajian literatur dan teori-teori yang relevan dengan penelitian, meliputi pengenalan dan pemahaman terkait klasifikasi citra, Convolutional Neural Network (CNN), dan arsitektur *EfficientNet-B0*. Selain itu, akan dijelaskan juga pada bab ini konsep – konsep yang mendukung pengembangan pada topik penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian, mulai dari pemaparan dataset yang digunakan seperti teknik pengumpulan data, pra-pengolahan data, desain arsitektur CNN, proses pelatihan dan evaluasi model, hingga perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini menjelaskan proses pengembangan perangkat lunak yang mendukung penelitian. Dimulai dari tahap desain perangkat lunak, arsitektur sistem yang digunakan, hingga implementasi model CNN menggunakan arsitektur *EfficientNet-B0* dalam kode program. Selain itu, akan dijelaskan juga pada bab ini pengembangan, pengujian, serta validasi sistem yang telah di lakukan.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini berisi hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian model CNN terhadap *dataset* uji. Hasil yang dipaparkan meliputi metrik evaluasi seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score. Selain itu, bab ini juga menyajikan analisis mendalam mengenai kinerja model untuk mengklasifikasi spesies burung berdasarkan hasil pengujian.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, berdasarkan hasil evaluasi dan analisis pada bab sebelumnya. Selain itu, juga disertakan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut, baik dalam hal perbaikan model maupun pengembangan perangkat lunak yang lebih baik.

1.8 Kesimpulan

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan dari penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi spesies burung, penelitian ini menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan arsitektur *EfficientNet-B0* untuk melakukan klasifikasi citra secara efisien. Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian ini berfokus untuk mengembangkan dan menerapkan model CNN menggunakan arsitektur *EfficientNet-B0* yang akurat dalam mengidentifikasi spesies burung.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberto, J., & Hermanto, D. (2023). Klasifikasi Jenis Burung Menggunakan Metode CNN Dan Arsitektur ResNet-50. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*.
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaría, J., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M., & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8(1).
<https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Anwar, A. (2014). A Review of RUP (Rational Unified Process). In *Ashraf Anwar International Journal of Software Engineering (IJSE)* (Issue 5).
- Kim, H., & Jeong, Y. S. (2019). Sentiment classification using Convolutional Neural Networks. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(11).
<https://doi.org/10.3390/app9112347>
- Neeli, S., Guruguri, C. S. R., Kammara, A. R. A., Annepu, V., Bagadi, K., & Chirra, V. R. R. (2023). Bird Species Detection Using CNN and EfficientNet-B0. *2023 International Conference on Next Generation Electronics, NEleX 2023*.
<https://doi.org/10.1109/NEleX59773.2023.10420966>
- Pagano, T. P., Loureiro, R. B., Lisboa, F. V. N., Peixoto, R. M., Guimarães, G. A. S., Cruz, G. O. R., Araujo, M. M., Santos, L. L., Cruz, M. A. S.,

- Oliveira, E. L. S., Winkler, I., & Nascimento, E. G. S. (2023). Bias and Unfairness in Machine Learning Models: A Systematic Review on Datasets, Tools, Fairness Metrics, and Identification and Mitigation Methods. In *Big Data and Cognitive Computing* (Vol. 7, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/bdcc7010015>
- Phung, V. H., & Rhee, E. J. (2019). A High-accuracy model average ensemble of convolutional neural networks for classification of cloud image patches on small datasets. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/app9214500>
- Putra, J. W. G. (2020). *Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning Edisi 1.4* (1.4). Self-published. https://wiragotama.github.io/ebook_machine_learning.html
- Raihan Maulana, Raisya Dwi Zahra Putri, Sindy Fitriani Margareth Sihalo, & Sri Mulyana. (2023). Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Dalam Mengklasifikasi Jenis Burung. *Journal of Creative Student Research*, 1(6), 221–231. <https://doi.org/10.55606/jcsrpolutama.v1i6.2966>
- Raj, S., Garyali, S., Kumar, S., Scholar, B. E., & Shidnal, S. (2020). *Image based Bird Species Identification using Convolutional Neural Network*. www.ijert.org

Syalma, A., Muftti, R., & Litanianda, Y. (2024). Implementasi Metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk Klasifikasi Jenis Ras Kucing. *Sains Dan Informatika*, 2(2).
<https://doi.org/10.61132/uranus.v2i2.172>