

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Machine Learning Life Cycle

Metode *machine learning life cycle* adalah metode pengembangan perangkat lunak

3.1.1. Model Requirements

Pada tahap *model requirement* dilakukan analisis kebutuhan model, dimulai dari pengumpulan data hingga rencana implementasi. Berikut rinciannya untuk proyek identifikasi otomatis spesies burung hama pemakan biji-bijian:

1. Identifikasi Kebutuhan

- Konteks Permasalahan: Petani padi sering mengalami kerugian hasil panen akibat serangan berbagai jenis burung hama pemakan biji-bijian. Metode pengendalian yang ada saat ini mungkin bersifat umum dan kurang efektif karena tidak spesifik terhadap jenis burung yang menyerang. Terdapat kebutuhan untuk sistem identifikasi otomatis spesies burung hama agar petani dapat menerapkan strategi pengendalian yang lebih tepat sasaran, efektif, dan berpotensi lebih ramah lingkungan. Spesies burung hama di dapatkan dari studi literatur sebelumnya oleh (Kartikasari dkk., 2024; Lestari dkk., 2015; Rinny Kumar, 2023).
- Lokasi Studi Observasi dan pengujian lapangan dapat difokuskan pada lahan padi, termasuk kemungkinan di area Balai Pelatihan Pertanian (BPP) sebagai salah satu lingkup penelitian yang disebutkan.

2. Sumber Pengumpulan Data Citra

- Sumber Utama: Dataset citra burung dikumpulkan dari repositori online dan image lapangan ebird.org, yang dikelola oleh Cornell Lab of Ornithology.
- Sumber Tambahan: Dataset citra untuk pengujian diambil langsung di lapangan yaitu di daerah Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

- Spesies Target: Fokus pada beberapa jenis burung hama pemakan biji-bijian yang umum dijumpai pada lahan padi, yaitu Burung Pipit (*Passer montanus*), serta jenis-jenis dari genus *Lonchura* seperti Bondol Jawa (*Lonchura leucogastroides*), Bondol Peking (*Lonchura punctulata*), dan Bondol Haji (*Lonchura maja*). Dan spesies unknown yaitu burung yang bukan pemakan padi-padian, Layang-layang Asia (*Hirundo rustica*), Elang Hitam (*Ictinaetus malaiensis*), Kutilang (*Pycnonotus aurigaster*), Cekakak Sungai (*Todiramphus chloris*).
- Volume Data Awal: Telah dikumpulkan 3.634 gambar dari ebird.org, dengan distribusi sebagai berikut: Bondol Jawa (1.084 gambar), Bondol Peking (754 gambar), Bondol Haji (709 gambar), dan Pipit (452 gambar). Dan data unknown 4 spesies burung yang bukan pemakan biji-bijian, kutilang (200 gambar), Layang-layang Asia (88 gambar), Elang Hitam (147 gambar), Cekakak Sungai (200 gambar). Gambar yang diambil dari lapangan berjumlah 18 Gambar

3. Software yang digunakan

- a. Pemodelan Training & Evaluasi
 - Platform: Google Colaboratory (Runtime GPU), Jupyter Notebook
 - Bahasa: Python
 - Framework: TensorFlow
 - Arsitektur transfer learning: EfficientNetB0
 - Monitoring: TensorBoard
- b. Pra-proses & Data Cleaning
 - IDE: Visual Studio Code.
 - Bahasa: Python 3.12 (virtual environment).
 - Paket utama: pandas, numpy, opencv-python, Pillow, scikit-learn, matplotlib, tqdm.

3.1.2. Data Collection

Pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan secara daring dan luring. Untuk pengumpulan data daring, digunakan platform citizen science eBird.org yang dikelola oleh Cornell Lab of Ornithology sebagai sumber utama citra visual burung hama padi, sedangkan untuk pengumpulan data luring dilakukan pengambilan gambar secara langsung di lahan padi. Untuk mencari citra di situs web eBird, peneliti mengakses fitur "Explore" di eBird untuk mencari foto spesies target, khususnya Bondol Jawa (*Lonchura leucogastroides*), Bondol Peking (*Lonchura punctulata*), Bondol Haji (*Lonchura maja*), dan Pipit (*Passer montanus*) menggunakan nama ilmiah dan nama umum burung tersebut. Filter pencarian diterapkan untuk memprioritaskan foto dari Indonesia dan memastikan relevansi data.

Jumlah foto yang diambil dari situs web tersebut adalah 2.999 gambar. Dari total jumlah gambar tersebut, distribusi gambar tiap spesies yang diklasifikasikan adalah sebagai berikut: Bondol Jawa (*Lonchura leucogastroides*) sebanyak 1.084 gambar, Bondol Peking (*Lonchura punctulata*) sebanyak 754 gambar, Bondol Haji (*Lonchura maja*) sebanyak 709 gambar, Pipit (*Passer montanus*) sebanyak 452 gambar, dan spesies lain dengan total 635 gambar yang terdiri dari Layang-layang Asia (*Hirundo rustica*) sebanyak 88 gambar, Elang Hitam (*Ictinaetus malaiensis*) sebanyak 147 gambar, Kutilang (*Pycnonotus aurigaster*) sebanyak 200 gambar, dan Cekakak Sungai (*Todiramphus chloris*) sebanyak 200 gambar, lalu untuk data yang diambil dari lapangan berjumlah 18 gambar.

3.1.3. Data Cleaning

Pada fase ini, data citra yang telah dikumpulkan dari eBird.org melalui proses kurasi manual dipersiapkan untuk tahap pemrosesan lebih lanjut. Seleksi akhir dilakukan dengan melakukan pengecekan ulang terhadap seluruh gambar yang telah diunduh guna memastikan tidak terdapat duplikasi maupun citra berkualitas sangat rendah yang terlewat pada tahap kurasi awal. Tahap standarisasi ukuran dilakukan dengan menyeragamkan dimensi seluruh gambar

menjadi 224×224 piksel. Penggunaan ukuran ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan memori GPU serta mengurangi waktu pelatihan pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya komputasi. Selanjutnya, dilakukan proses downsampling pada dataset, yaitu dengan menyeragamkan jumlah citra setiap spesies burung pemakan biji-bijian menjadi 452 gambar per spesies. Langkah ini bertujuan untuk menghindari ketidakseimbangan kelas (*class imbalance*) selama proses pelatihan model.

Untuk dataset unknown, jumlah citra yang digunakan adalah 304 gambar. Dataset ini berfungsi sebagai kelas non-target atau kelas tak dikenal, yaitu kategori gambar burung yang tidak termasuk ke dalam empat kelas utama yang diklasifikasikan (Bondol Jawa, Bondol Peking, Bondol Haji, dan Pipit). Penambahan kelas unknown ini penting untuk membantu model mengenali dan membedakan citra yang tidak relevan atau tidak termasuk ke dalam kategori burung hama pemakan biji-bijian, sehingga sistem dapat memberikan hasil klasifikasi yang lebih akurat dan robust saat diterapkan di lapangan. Sementara itu, dataset yang diperoleh dari pengambilan gambar langsung di lapangan berjumlah 18 gambar, dan seluruhnya juga telah diseragamkan ukurannya menjadi 224×224 piksel agar konsisten dengan dataset lainnya.

3.1.4. Data Labeling

Proses pelabelan secara esensial telah dilakukan selama tahap pengumpulan dan pengorganisasian data. Setiap citra burung yang lolos proses kurasi dan verifikasi spesies disimpan ke dalam sub-folder yang sesuai dengan nama kelasnya, yaitu: *Lonchura leucogastroides*, *Lonchura maja*, *Lonchura punctulata*, *Passer montanus*, serta kelas “Unknown”. Kelas *unknown* berfungsi sebagai kelas negatif (*background class*), yaitu kategori yang menampung data yang tidak termasuk ke dalam empat kelas utama yang diklasifikasikan. Dengan kata lain, jika terdapat citra yang salah label atau tidak termasuk ke dalam empat spesies target, citra tersebut dimasukkan ke dalam kelas Unknown.

Dataset pada kelas *unknown* berisi citra pepohonan, lanskap sawah, atau hewan lain yang tidak terkait dengan burung hama pemakan biji-bijian. Keberadaan kelas ini sangat penting untuk melatih model agar mampu membedakan antara spesies target dan non-target, sehingga dapat mengurangi kesalahan prediksi (*false positive*) ketika model menghadapi citra burung atau objek yang bukan merupakan empat spesies target. Untuk dataset uji (*test set*), diberikan label umum “burung” yang akan digunakan secara langsung oleh *framework Deep Learning* EfficientNetB0 pada saat proses pemuatan data (*data loading*) dan pelatihan model klasifikasi supervised learning.

3.1.5. Feature Engineering

Proses *feature engineering* dilakukan bersamaan dengan tahap pembagian dataset (*data splitting*), yaitu memecah keseluruhan dataset yang telah melalui tahap pembersihan dan pelabelan menjadi beberapa subset. Dalam penelitian ini, dataset citra burung dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu 70% data pelatihan (*training set*) dan 30% data validasi (*validation set*). Proporsi ini dipilih dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan data untuk pembelajaran model dan data untuk evaluasi kinerja yang didapat dari penelitian sebelumnya (Syaputra dkk., 2022). Sementara itu, data pengujian (*testing set*) terdiri dari 18 gambar yang disimpan secara terpisah dan tidak digunakan sama sekali selama proses pelatihan, guna memastikan proses evaluasi model dilakukan secara objektif dan bebas dari kebocoran data (*data leakage*).

Pada tahap pelatihan, dilakukan augmentasi data serta penerapan data generator untuk meningkatkan variasi citra pelatihan. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model serta mencegah terjadinya *overfitting* terhadap data pelatihan. Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) dalam penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan EfficientNetB0 sebagai *backbone* utama. Pemilihan

EfficientNetB0 didasarkan pada efisiensi komputasi dan performa akurasi yang tinggi dalam tugas klasifikasi citra beresolusi 224×224 piksel.

3.1.6. Model Training

Tahap ini merupakan inti dari proses pembelajaran mesin (*machine learning*), di mana model Convolutional Neural Network (CNN) yang telah dirancang dilatih menggunakan dataset yang diperoleh dari internet. Dataset yang dikumpulkan dari eBird.org dibagi menjadi data pelatihan (70%) dan data validasi (30%), sedangkan data yang dikumpulkan secara langsung di lapangan digunakan secara khusus sebagai data pengujian (*testing set*) untuk mengevaluasi kinerja model pada kondisi nyata di lapangan. Pelatihan dilakukan secara iteratif selama 30 *epoch*, di mana model mempelajari hubungan pemetaan antara input (citra burung) dan output (label kelas spesies). Selama proses pelatihan, data validasi (30% dari dataset daring) digunakan untuk memantau performa model pada data yang tidak digunakan dalam pembaruan bobot, sehingga dapat mendeteksi potensi overfitting dan memungkinkan penyesuaian terhadap hyperparameter, seperti *learning rate* dan jumlah *epoch*.

Proses optimisasi dilakukan dengan menggunakan algoritma optimisasi yang bertujuan untuk menyesuaikan bobot internal model agar meminimalkan fungsi kerugian (*loss function*), yaitu ukuran perbedaan antara hasil prediksi model dan label sebenarnya. Dalam penelitian ini, pelatihan model diimplementasikan dengan pendekatan *transfer learning* menggunakan EfficientNet-B0 yang telah dilatih sebelumnya (*pre-trained*) pada dataset ImageNet sebagai backbone utama. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan fitur-fitur representatif yang telah dipelajari dari dataset besar untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi klasifikasi pada dataset spesifik penelitian.

3.1.7. Model Evaluation

Setelah tahap pelatihan selesai, kinerja model dievaluasi secara menyeluruh menggunakan dua pendekatan evaluasi utama. Pendekatan pertama adalah evaluasi dengan *k-fold cross-validation* ($k = 5$) pada dataset dari eBird.org. Tujuannya adalah untuk menilai konsistensi dan stabilitas performa model, serta mengurangi bias yang mungkin timbul akibat pembagian data tunggal, terutama pada dataset yang berpotensi tidak seimbang. Dalam metode ini, dataset dibagi secara acak menjadi lima bagian (*fold*), di mana empat bagian digunakan untuk pelatihan dan satu bagian digunakan untuk validasi. Proses ini kemudian diulang sebanyak lima kali dengan fold validasi yang berbeda pada setiap iterasi, sehingga setiap bagian data berperan sebagai data validasi satu kali.

Pendekatan kedua menggunakan data uji independen (*independent test set*) yang dikumpulkan secara langsung dari lapangan, berjumlah 18 citra burung. Data ini digunakan untuk mengonfirmasi kemampuan generalisasi model terhadap data yang belum pernah dijumpai sebelumnya. Evaluasi dengan data lapangan memberikan ukuran objektif terhadap kemampuan model dalam mengklasifikasikan spesies burung hama padi pada kondisi lingkungan alami. Model melakukan prediksi terhadap kelas spesies pada setiap citra dalam *test set* lapangan, dan hasilnya diukur menggunakan beberapa metrik evaluasi standar, yaitu:

- Akurasi, yaitu persentase total prediksi yang benar;
- Confusion matrix, yang menampilkan rincian nilai *True Positive (TP)*, *True Negative (TN)*, *False Positive (FP)*, dan *False Negative (FN)* untuk setiap kelas;
- Precision, Recall, dan F1-score, yang diturunkan dari *confusion matrix* untuk menilai kinerja model pada tiap kelas secara lebih spesifik.

Penggunaan data lapangan sebagai data uji bertujuan untuk mengukur kinerja model dalam kondisi nyata, yang memiliki variasi pada pencahayaan, sudut pengambilan gambar, kualitas citra, serta kondisi lingkungan yang berbeda dari data pelatihan yang diperoleh melalui eBird.org. Dengan demikian, hasil

evaluasi ini mencerminkan kemampuan generalisasi model secara praktis dan realistik di lapangan.

4	0.8278	0.7992
5	0.7344	0.7937
6	0.6472	0.7712
7	0.5658	0.7269
8	0.5097	0.7374
9	0.4826	0.7752
10	0.4460	0.7560
11	0.4451	0.7245
12	0.4343	0.7174
13	0.4163	0.7026
14	0.4124	0.6915
15	0.4051	0.7124
16	0.3949	0.7054
17	0.3836	0.7067
18	0.3663	0.7087
19	0.3673	0.7028
20	0.3684	0.7076
21	0.3581	0.7119
22	0.3610	0.7114
23	0.3522	0.7113
24	0.3540	0.7123

Keberhasilan model EfficientNet-B0 dalam mencapai akurasi validasi 82.2% dengan dataset yang relatif kecil (1.512 gambar training) menunjukkan efektivitas pendekatan transfer learning. Pre-trained weights dari ImageNet berhasil memberikan representasi fitur yang relevan untuk klasifikasi burung hama, sehingga model dapat mencapai performa yang baik dengan waktu pelatihan yang efisien (24 epoch).