

## DETEKSI BURUNG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DENGAN MODEL ARSITEKTUR MOBILENETV2

**Sandy Andika Maulana, Shabrina Husna Batubara, Yohana Permata Putri Pasaribu,  
Hermawan Syahputra, Fanny Ramadhani**

Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan  
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,  
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia  
*samsandi134@gmail.com*

### ABSTRAK

Penelitian ini mengimplementasikan model Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur MobileNetV2 untuk mendeteksi spesies burung. Permasalahan yang dihadapi yaitu bagaimana meningkatkan akurasi deteksi spesies burung menggunakan model yang efisien untuk perangkat mobile. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan dan mengevaluasi model CNN yang dapat mengenali berbagai spesies burung dengan akurasi tinggi. Metode penelitian meliputi beberapa tahapan: pengunduhan dan ekstraksi data dari TensorFlow Dataset yang terdiri dari 6033 gambar dari 200 spesies burung, visualisasi dan preprocessing data, implementasi model MobileNetV2, training dan validasi model selama 50 epoch dengan batch size 64, serta evaluasi menggunakan metrik loss dan Intersection Over Union (IoU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mampu mengenali burung dengan akurasi yang memadai. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penambahan jumlah gambar dan spesies burung dalam dataset, eksplorasi arsitektur model lain, teknik augmentasi data, optimisasi hyperparameter, dan penerapan transfer learning. Selain itu, pengujian model pada perangkat mobile diperlukan untuk memastikan efisiensi dan performa di lingkungan nyata, serta mempertimbangkan informasi tambahan seperti habitat atau suara burung untuk meningkatkan akurasi identifikasi.

**Kata kunci :** CNN, Deep Learning, Deteksi Burung, MobileNetV2

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi di dunia yang salah satunya diketahui dari keberadaan jumlah burung yang mencapai 1.794 spesies (Burung Indonesia, 2020). Berbagai jenis burung di Indonesia memiliki beragam nilai ekologis, ekonomi, dan sosialbudaya. Secara ekologis, burung memainkan peranan sebagai konsumen pada tingkatan trofik yang berbeda-beda serta turut dalam penyebaran dan penyerbukan beberapa jenis tumbuhan di alam. Bahkan, beberapa spesies berperan sebagai spesies kunci yang keberadaannya sangat mempengaruhi keberlanjutan suatu ekosistem. Burung adalah salah satu hewan peliharaan paling populer di kalangan Masyarakat tertentu. Selain suara, warna, dan bentuknya yang indah, burung merupakan hewan istimewa bagi kelompok tertentu dan menjadi komoditas yang menguntungkan untuk diperdagangkan. Ada kekhawatiran bahwa peningkatan permintaan terhadap spesies burung tertentu dapat menyebabkan hilangnya habitat alami atau kepunahannya [1].

Jaringan saraf konvolusional (CNN) adalah teknik pembelajaran mendalam yang populer untuk pengenalan pola gambar. CNN sangat baik dalam mengekstraksi fitur kompleks secara otomatis dan efisien untuk klasifikasi gambar skala besar. CNN dapat belajar langsung dari citra sehingga mengurangi beban dari pemrograman. CNN termasuk dalam jenis Deep Neural network karena dalamnya tingkat jaringan dan banyak diimplementasikan dalam data citra [2]. Pembelajaran mendalam dapat dengan jelas

membedakan gambar dengan fitur serupa yang sulit dideteksi menggunakan pembelajaran mesin tradisional. Pembelajaran mendalam juga dapat mengekstraksi fitur itu sendiri secara objektif dan langsung memproses data gambar dalam dua dimensi [3].

MobileNet merupakan salah satu dari sekian banyak arsitektur CNN yang dapat digunakan pada aplikasi mobile. Beberapa kelebihan dari arsitektur CNN ini yaitu ketebalan dari filter konvolusi yang sesuai dengan gambar. Sehingga bisa menghemat ukuran dari model yang dibuat. [4] Pada penelitian ini digunakan arsitektur CNN MobileNetV2 [3].

Deep learning saat ini digunakan dalam proses pelatihan khususnya di dunia gambar adalah dengan menggunakan transfer learning. Transfer learning adalah suatu metode pembelajaran yang mendalam di mana pengetahuan yang diperoleh dari mempelajari satu masalah digunakan untuk memecahkan masalah yang berbeda-beda. Learning adalah proses pembelajaran yang mendalam di mana contoh-contoh yang dipelajari dari satu masalah digunakan untuk memecahkan masalah lain [5].

Sistem pendeteksian pada benda akan dikembangkan saat ini berdasarkan jenis sebuah objek. Information yang berupa picture (gambar) bisa memberikan beberapa informasi berupa jenis burung. Burung merupakan salah satu anggota kelompok hewan bertulang belakang yang memiliki bulu dan sayap serta memiliki jenis yang sangat banyak di alam, oleh karena itu deteksi jenis burung sangat dibutuhkan dari banyaknya jenisnya. Gambar

burung yang akan diidentifikasi pada penelitian ini diambil tepat dari bagian paruh nya, agar terlihat beberapa perbedaan dari masing-masing jenis burung [6].

**2.1. TINJAUAN PUSTAKA**

Berdasarkan penelitian terdahulu dari [7] tertulis bahwasannya selama dekade terakhir, minat dalam menggunakan akustik untuk pemantauan ekologi terus meningkat, didukung oleh penurunan harga perangkat keras dan penyimpanan rekaman lalu yang terbaru adalah kemajuan dalam menganalisis secara otomatis di beberapa tahun terakhir ini, teknik deep learning telah mendominasi pendekatan analisis otomatis [8].

Karena ada banyak perangkat lunak yang menyediakan informasi burung tetapi tidak satupun dari mereka menyediakan fitur identifikasi. Deteksi burung dalam skala besar dan akurat sangat penting bagi konservasi unggas dan keanekaragaman hayati. Hal ini membantu kita mengukur dampaknya penggunaan lahan dan pengelolaan lahan pada spesies burung dan fundamental bagi pengamat burung, organisasi konservasi, penjaga taman, konsultan ekologi, dan ahli burung di seluruh dunia [7].

**2.2. Deteksi Burung**

Burung merupakan satwa liar yang mudah ditemukan pada setiap lingkungan, jenis-jenis burung sangat bervariasi dari mulai ukuran yang besar dan juga yang besar beberapa jenis dari burung banyak dipelihara oleh pecinta satwa karena daya tarik tersendiri dari hewan tersebut. Dari mulai tubuhnya yang indah dan juga suara yang bagus tetapi setiap jenis burung juga memiliki perbedaan seperti bentuk tubuhnya, warna dan juga ukuran burung itu sendiri [9].

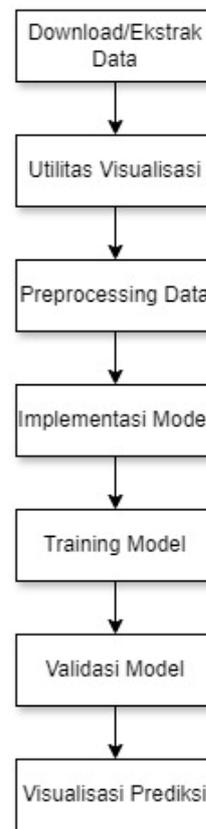
**2.3. Mobile NetV2**

Arsitektur MobileNetV2 merupakan salah satu arsitektur deep convolutional neural network dengan mengadopsi total jumlah lapisan sejumlah 32 lapisan dan juga arsitektur ini didesain khusus untuk perangkat yang memiliki sumber daya latensi yang rendah seperti smartphone sehingga arsitektur ini dapat bekerja dengan efektif pada berbagai kondisi perangkat yang ada [10].

**2.4. Convolutional Neural Network (CNN)**

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan variasi dari jaringan saraf tiruan yang memiliki bobot dan beberapa lapisan tersembunyi yang disusun menjadi arsitektur. (Limantoro, et al., 2018). Terdapat beberapa lapisan pada model CNN yaitu lapisan konvolusi, fungsi aktivasi, lapisan pooling, lapisan flatten, dan lapisan fully connected [11].

**3. METODE PENELITIAN**



Gambar 1. Alur penelitian

**1. Download dan Ekstrak Data**

Pada tahap ini, data yang digunakan untuk penelitian ini diunduh melalui TensorFlow Dataset. Setelah diunduh, data tersebut dikemas dalam format ZIP. Kemudian, ekstraksi data dilakukan untuk mengeluarkan file dari format kompresi tersebut agar dapat digunakan untuk tahap selanjutnya. Di dataset tersebut terdapat 200 spesies burung dengan 6033 gambar.

**2. Utilitas Visualisasi**

Utilitas visualisasi adalah penggunaan alat dan teknik untuk menampilkan data dalam bentuk grafis. Pada penelitian ini, penulis menggunakan dua utilitas, yaitu:

**a. Utilitas Kotak Pembatas**

Utilitas kotak pembatas ini digunakan karena berfungsi untuk menggambar kotak pembatas pada gambar. Kotak pembatas ini digunakan untuk mendeteksi objek burung yang ada dalam gambar.

**b. Utilitas Data dan Prediksi**

Utilitas data dan prediksi digunakan untuk membantu memvisualisasikan data dan prediksi model untuk memahami performa dan interpretasi hasil dari model.

3. Preprocessing Data

Preprocessing data adalah Langkah untuk menyiapkan data agar sesuai dengan kebutuhan model dan bertujuan untuk memastikan data dalam format yang optimal untuk analisis dan pemodelan, meningkatkan kualitas data, dan membantu dalam pengambilan Keputusan yang lebih akurat. Pada tahap preprocessing data, dilakukan beberapa tahapan, yaitu:

a. Preprocessing Utilitas

Preprocessing utilitas memiliki peran pembantu yang digunakan untuk memproses data gambar sebelum digunakan dalam model. Pada tahap ini, semua ukuran gambar dalam dataset disesuaikan menjadi (224, 224) dan dilakukan normalisasi gambar dan kotak pembatas.

b. Visualisasi Gambar dan Label Kotak pembatas

Visualisasi gambar dan label kotak pembatas digunakan untuk memverifikasi preprocessing telah dilakukan dengan benar dan memastikan kotak pembatas yang sudah dibuat sudah sesuai dengan objek yang dimaksud dalam gambar.

c. Mempersiapkan Dataset Untuk Model

Mempersiapkan dataset untuk model digunakan untuk memastikan agar dataset sudah siap digunakan dalam proses training dan validasi model.

4. Implementasi Model

Dalam penelitian ini, arsitektur model yang digunakan adalah MobileNetV2. MobileNetV2 adalah arsitektur dari CNN yang dirancang untuk tugas klasifikasi gambar dan deteksi objek. Dikembangkan oleh Google sebagai penyempurnaan dari pendahulunya MobileNetV1. MobileNetV2 memiliki keunggulan dalam efisiensi komputasi, ringan, dan dirancang khusus untuk perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti perangkat mobile [12].

5. Training Model

Training model adalah pelatihan model untuk dapat memprediksi hasil berdasarkan fitur yang diberikan. Pada penelitian ini, model dilatih selama 50 epoch dengan 64 batch size.

6. Validasi Model

Validasi model adalah proses pengujian dan

evaluasi kinerja dari model yang sudah dilatih pada tahap pelatihan menggunakan data test yang sudah disediakan. Penelitian ini melakukan validasi model menggunakan Loss dan Intersection Over Union (IoU).

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{\text{area of intersection}}{\text{area of union}} \quad (1)$$

Loss adalah ukuran seberapa baik atau buruk output model yang diprediksi. Persamaan 2 menunjukkan perhitungan loss.

$$Loss = \frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2)$$

Keterangan pada persamaan 2 adalah sebagai berikut:

- a. *True Positive*(TP) adalah data yang tepat diklasifikasikan oleh model sebagai nilai positif atau benar.
- b. *True Negative* adalah data yang tepat diklasifikasi oleh model sebagai nilai negative atau salah.
- c. *False positive* adalah data salah namun diklasifikasikan sebagai data yang benar.
- d. *False Negative* adalah data yang benar namun diklasifikasikan salah sebagai data salah.
- e. Visualisasi Prediksi

Visualisasi prediksi adalah proses menguraikan hasil prediksi model dengan menampilkan plot terhadap kotak pembatas prediksi dan kotak pembatas ground truth pada gambar yang sama untuk serangkaian gambar acak dan melihat secara visual seberapa baik kinerja model yang digunakan dalam mendeteksi dan mengenali objek dalam gambar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Download dan Ekstrak Data

Dataset yang digunakan merupakan dataset citra gambar burung. Dataset diperoleh dari TensorFlow Dataset yang dapat diunduh dalam bentuk format ZIP dan kemudian di ekstraksi. Dataset gambar burung berisi 6033 gambar dengan 200 spesies burung. Jumlah data uji yang digunakan sebanyak 3033 dan jumlah data pelatihan yang digunakan sebanyak 3000 gambar. Berikut sample dataset citra burung yang digunakan:

Tabel 1. Sample dataset

Burung	Jenis	Deskripsi
	Laysan Albatros	Spesies burung laut berukuran besar yang ditemukan di Pasifik Utara. 99.7% dari keseluruhan populasi ditemukan di Kepulauan Hawaii Barat Laut.
	Auklet Jambul	Burung laut kecil dari keluarga Alcidae, tersebar di seluruh Pasifik utara dan Laut Bering. Spesies ini mencari makan dengan menyelam di perairan dalam, memakan krill dan berbagai hewan laut kecil

Burung	Jenis	Deskripsi
	Yellow Brested	Burung pengicau dalam keluarga bunting Emberizidae yang ditemukan di Boreal dan Palearctic Timur
	Kukuk Bakau	Burung dewasa mempunyai ekor yang panjang, berwarna coklat di bagian atas dan hitam-putih di bagian bawah, serta paruh melengkung berwarna hitam dengan warna kuning di rahang bawah.
	Rusty Blackbird	Memiliki ukuran sedang, berkerabat dekat dengan grackles ("rusty grackle" adalah nama lama untuk spesies tersebut). Ini adalah burung yang lebih menyukai kawasan hutan basah, berkembang biak di hutan boreal dan muskeg di Kanada bagian utara

**4.2. Utilitas Visualisasi**

a. Utilitas kotak pembatas

Pada penelitian ini, ada beberapa fungsi yang akan digunakan untuk menggambar kotak pembatas di sekitar burung pada gambar, yaitu:

1. `draw_bounding_box_on_image`: Menggambar satu kotak pembatas pada gambar.
2. `draw_bounding_boxes_on_image`: Menggambar beberapa kotak pembatas pada sebuah gambar.
3. `draw_bounding_boxes_on_image_as_array`: Menggambar beberapa kotak pembatas pada array gambar.

b. Utilitas Data dan Prediksi

Beberapa fungsi dan kode pembantu yang digunakan untuk memvisualisasikan data dan prediksi model, yaitu:

1. `display_digits_with_boxes`: Ini menampilkan deretan gambar "digit" beserta prediksi model untuk setiap gambar.
2. `plot_metrics`: Ini memplot metrik tertentu (seperti kerugian) saat metrik tersebut berubah selama beberapa periode pelatihan.

**4.3. Preprocessing Data**

a. Preprocessing Utilitas

Beberapa fungsi pembantu untuk melakukan pra-pemrosesan data gambar, yaitu:

1. `read_image_tfds`
  - Mengubah ukuran gambar menjadi (224, 224)
  - Menormalkan gambar
  - Menerjemahkan dan menormalkan kotak pembatas
2. `read_image_with_shape`  
Ini sangat mirip dengan `read_image_tfds` kecuali dia juga menyimpan salinan gambar asli (sebelum preprocessing) dan mengembalikannya juga.

- Membuat salinan dari gambar asli.
- Mengubah ukuran gambar menjadi (224, 224)
- Menormalkan gambar
- Menerjemahkan dan menormalkan kotak pembatas

3. `read_image_tfds_with_original_bbox`

Fungsi ini membaca gambar dari data. Ini juga mengdenormalisasi kota pembatas (membatalkan normalisasi kotak pembatas yang dilakukan oleh dua fungsi pembantu sebelumnya).

4. `dataset_to_numpy_util`

Fungsi ini mengubah kumpulan data menjadi array gambar dan kotak yang numpy. Ini akan digunakan saat memvisualisasikan gambar dan kotak pembatasnya

5. `dataset_to_numpy_with_original_bboxes_util`

Fungsi ini mengubah kumpulan data menjadi array numpy dari gambar asli, gambar yang diubah ukurannya dan dinormalisasi, serta kotak pembatas. Ini akan digunakan untuk memplot gambar asli dengan kotak pembatas yang benar dan yang diprediksi.

b. Visualisasi Gambar dan Label Kotak Pembatas

Pada tahap ini akan mengambil sampel gambar acak dari set pelatihan dan validasi dan memvisualisasikannya dengan memplot kotak pembatas yang sesuai.

Visualisasi gambar pelatihan dan label kotak pembatasnya :



Gambar 2. Visualisasi gambar dan label pelatihan

Visualisasi gambar validasi dan kotak pembatasnya :



Gambar 3. Visualisasi Gambar dan Label Validasi

c. Mempersiapkan Dataset Untuk Model

Dua fungsi berikutnya membaca dan menyiapkan kumpulan data yang akan dimasukkan ke model.

1. Menggunakan `read_image_tfds` untuk mengubah ukuran, dan menormalkan setiap gambar dan label kotak pembatasnya.
2. Melakukan `shuffling` dan `batching`.
3. Menggunakan fungsi `training_dataset` dan `validation_dataset` untuk membuat data yang akan diberikan ke model yang akan dibuat.

4.4. Implementasi Model

Implementasi model dilakukan dengan menggunakan arsitektur `MobileNetV2`, yang dirancang khusus untuk tugas klasifikasi gambar dan deteksi objek dengan efisiensi komputasi yang tinggi. `MobileNetV2` memiliki keunggulan dalam efisiensi dan performa, khususnya pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti perangkat mobile. Dalam penelitian ini, model dilatih selama 50 epoch dengan batch size 64. Parameter seperti `input_shape` dan bobot 'imagenet' yang telah dilatih sebelumnya digunakan untuk mengoptimalkan model. Proses training model melibatkan penetapan beberapa parameter penting untuk menyesuaikan model dengan data pelatihan.

Pertama, buat instance model `mobilenet` versi 2 dengan menetapkan parameter :

1. `input_shape`: gambar masukan memiliki tinggi dan lebar 224 x 224, dan memiliki saluran merah, hijau, dan biru.
2. bobot: Gunakan bobot 'imagenet' yang telah dilatih sebelumnya. Kedua, membuat ekstraktor fitur untuk masukan spesifik Anda dengan meneruskan masukan tersebut ke model jaringan seluler Anda.

Selanjutnya, menentukan lapisan padat yang akan digunakan oleh model dengan menggunakan lapisan berikut :

- a. `GlobalAveragePooling2D`: menyatukan fitur-fiturnya.
- b. Tambahkan dua lapisan padat:
  1. Lapisan padat dengan 1024 neuron dan aktivasi `relu`.
  2. Lapisan padat berikutnya dengan 512 neuron dan aktivasi `relu`.

4.5. Training Model

Pertama-tama menetapkan beberapa parameter yang diperlukan untuk menyesuaikan model tersebut. Pada penelitian ini, tahap ini akan melatih model selama 50 epoch dan menetapkan `batch_size` bernilai 64.

```
Epoch 45/50
46/46 [=====] - 22s 490ms/step - loss: 0.0020 - val_loss: 0.0183
Epoch 46/50
46/46 [=====] - 22s 490ms/step - loss: 0.0020 - val_loss: 0.0189
Epoch 47/50
46/46 [=====] - 21s 461ms/step - loss: 0.0018 - val_loss: 0.0185
Epoch 48/50
46/46 [=====] - 23s 507ms/step - loss: 0.0020 - val_loss: 0.0182
Epoch 49/50
46/46 [=====] - 21s 453ms/step - loss: 0.0018 - val_loss: 0.0177
Epoch 50/50
46/46 [=====] - 22s 489ms/step - loss: 0.0019 - val_loss: 0.0176
```

Gambar 4. Training model dengan epoch 50

Pada gambar 4, metrik loss menunjukkan seberapa baik model cocok dengan data pelatihan. Nilai yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik. Pada dataset training bernilai 0.0019. `val_loss` adalah metrik loss pada dataset validasi untuk mengevaluasi model pada data yang tidak terlihat selama pelatihan dan untuk memastikan model tidak `overfitting`. Nilai `val_loss` dalam gambar ini adalah 0.0176.

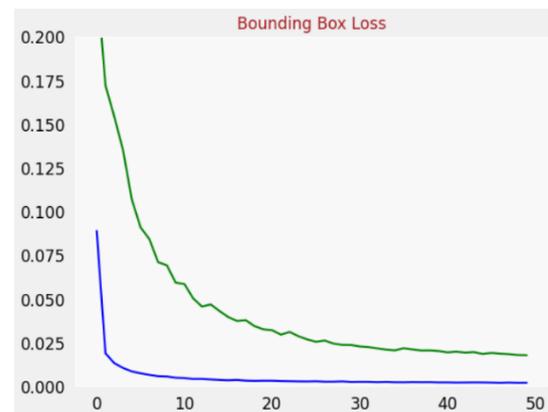
4.6. Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk menguji dan mengevaluasi kinerja model yang sudah dilatih menggunakan data validasi yang telah disediakan. Metrik yang digunakan untuk validasi meliputi `loss` dan `Intersection Over Union (IoU)`. Nilai `loss` menunjukkan seberapa baik model cocok dengan data pelatihan, dengan nilai yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik. Pada dataset training, nilai `loss` yang dicapai adalah 0.0019, sementara nilai `val_loss` pada dataset validasi adalah 0.0176. `IoU` digunakan untuk mengukur seberapa besar tumpang tindih antara kotak pembatas hasil prediksi dengan kotak pembatas target atau `ground truth`, memberikan indikasi seberapa baik model dalam mendeteksi objek dalam gambar.

1. Loss

Pada tahap ini, akan dilakukan evaluasi performa model terlatih dengan memeriksa nilai kerugiannya pada set validasi.

```
48/48 [=====] - 9s 195ms/step - loss: 0.0176
Loss: 0.017595263198018074
```



Gambar 5. Loss

Pada gambar 5. menunjukkan bahwa nilai kotak pembatas loss terdapat nilai kerugian sebesar 0.017 hal ini berarti pelatihan pada set validasi sudah mendapatkan akurasi yang sesuai dan dapat mendeteksi object dengan baik.

2. Intersection-over-union (IoU)

Kemudian kita dapat melihat seberapa baik kinerja model untuk memprediksi kotak pembatas pada set validasi dengan menghitung skor Intersection-over-union (IoU) untuk setiap gambar.

```
16/16 [=====] - 3s 89ms/step
Number of predictions where iou > threshold(0.5): 230
Number of predictions where iou < threshold(0.5): 270
```

Gambar 6. Intersection-over-union (IoU)

Gambar 6. menampilkan hasil proses evaluasi model prediksi yang menggunakan metrik Intersection over Union (IoU). Berikut penjelasan dari dua baris informasi yang terlihat pada gambar:

- a. Jumlah prediksi dengan IoU > ambang batas (0,5): 230

Hal ini menunjukkan banyaknya model prediksi yang memiliki nilai IoU lebih besar dari 0,5. Dengan kata lain terdapat 230 prediksi yang cukup akurat karena nilai IoU melebihi batas 0,5.

- b. Jumlah prediksi dengan IoU < ambang batas(0,5): 270

Hal ini menunjukkan banyaknya model prediksi yang memiliki nilai IoU kurang dari 0,5. Dengan kata lain, terdapat 270 prediksi yang kurang akurat karena nilai IoU-nya berada di bawah ambang batas 0,5.

Dari dua baris tersebut dapat disimpulkan bahwa model menghasilkan 500 prediksi (230 + 270), dimana 230 prediksi dinilai baik (IoU > 0,5) dan 270 prediksi dinilai buruk (IoU < 0,5). Evaluasi ini biasanya digunakan dalam konteks penyimpanan gambar atau pengenalan objek untuk mengukur sejauh mana model prediksi cocok dengan data sebenarnya.

4.7. Visualisasi Prediksi



Gambar 7. Visualisasi Prediksi

Hasil prediksi model pada Gambar 7. ditampilkan dengan plot kotak pembatas prediksi dan kotak pembatas ground truth pada gambar yang sama. Visualisasi ini dilakukan pada serangkaian gambar acak untuk menilai secara visual seberapa baik kinerja model dalam mendeteksi dan mengenali objek dalam

gambar. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa model MobileNetV2 mampu memberikan prediksi yang akurat dengan tingkat kesalahan yang rendah, membuktikan efektivitas arsitektur ini dalam tugas deteksi spesies burung.

Pada tahap terakhir ini akan menampilkan plot kotak pembatas prediksi dan kebenaran dasar untuk serangkaian gambar acak dan melihat secara visual seberapa baik kinerja model.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian sistem deteksi spesies burung menggunakan arsitektur MobileNetV2 menunjukkan bahwa model ini memiliki kemampuan yang memadai dalam mengenali berbagai spesies burung dengan akurasi yang cukup tinggi. Proses pelatihan dan validasi model dilakukan selama 50 epoch dengan batch size sebesar 64. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik loss dan Intersection Over Union (IoU) untuk mengukur seberapa baik model dapat mengenali dan membedakan spesies burung dalam dataset yang digunakan. Pada pengujian yang dilakukan, model menunjukkan hasil yang positif dengan akurasi yang memadai dalam pengenalan gambar burung. Akurasi ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari fitur-fitur penting dari gambar burung dan menggunakan informasi tersebut untuk mengidentifikasi spesies burung dengan benar. Evaluasi metrik IoU juga menunjukkan bahwa model dapat mengidentifikasi area yang relevan dalam gambar dengan tingkat presisi yang baik.

Selain itu, penggunaan arsitektur MobileNetV2 terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi komputasi tanpa mengorbankan akurasi, yang merupakan aspek penting untuk penerapan model ini pada perangkat mobile. Efisiensi komputasi yang tinggi memungkinkan model untuk diimplementasikan dalam aplikasi dunia nyata di mana sumber daya komputasi mungkin terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mulyadi and M. Dede, "PERDAGANGAN BURUNG DI KOTA BANDUNG (Antara Ekonomi, Keanekaragaman Hayati, dan Konservasi)," *J. Geogr. Gea*, vol. 20, no. 2, pp. 105–112, 2020, doi: 10.17509/gea.v20i2.28828.
- [2] C. R. Wairata, E. R. Swedia, and M. Cahyanti, "Pengklasifikasian Genre Musik Indonesia Menggunakan Convolutional Neural Network," *Sebatik*, vol. 25, no. 1, pp. 255–261, 2021, doi: 10.46984/sebatik.v25i1.1286.
- [3] F. A. A. Harahap, A. N. Nafisa, E. N. D. B. Purba, and N. A. Putri, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Arsitektur Model Mobilenetv2 Dalam Klasifikasi Penyakit Tumor Otak Glioma, Pituitary Dan Meningioma," *J. Teknol. Informasi, Komputer, dan Apl. (JTika)*, vol. 5, no. 1, pp. 53–61, 2023, doi: 10.29303/jtika.v5i1.234.
- [4] Y. Yosefan Pane and J. J. Sihombing, "Bird

- Species Classification Using Transfer Learning Method,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 9, no. 2, pp. 89–94, 2023.
- [5] M. S. S. Nugroho and F. Nurlaila, “Klasifikasi Spesies Burung Dengan Menggunakan Convolutional Neural Network,” *OKTAL J. Ilmu Komput. ...*, vol. 2, no. 11, pp. 2867–2878, 2023.
- [6] P. I. D. Siregar, “Identifikasi Jenis Burung Berdasarkan Bentuk Paruh dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” *J. Informatics Manag. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 138–144, 2022.
- [7] P. Eichinski, C. Alexander, P. Roe, S. Parsons, and S. Fuller, “A Convolutional Neural Network Bird Species Recognizer Built From Little Data by Iteratively Training, Detecting, and Labeling,” *Front. Ecol. Evol.*, vol. 10, no. March, pp. 1–11, 2022, doi: 10.3389/fevo.2022.810330.
- [8] A. Jange, D. Kattimani, and P. J. Patil, “Bird Species Identifier using Convolutional Neural Network,” *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 10, pp. 517–523, 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.47039.
- [9] P. Nugraha, A. Komarudin, and E. Ramadhan, “Deteksi Objek Dan Jenis Burung Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Inception Resnet-V2,” *INFOTECH J.*, vol. 8, pp. 47–55, 2022.
- [10] S. Frangky Handono, F. Tri Anggraeny, and B. Rahmat, “Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Deteksi Retinopati Diabetik,” *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 669–678, 2020.
- [11] Ajib Susanto, Yupie Kusumawati, Ericsson Dhimas Niagara, and Christy Atika Sari, “Convolutional Neural Network Dalam Sistem Deteksi Helm Pada Pengendara Motor,” *Semin. Nas. Teknol. dan Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 1, pp. 91–99, 2022, doi: 10.51903/semnastekmu.v2i1.158.
- [12] I. F. Annur, J. Umami, M. N. Annafii, N. Trisnaningrum, and O. V. Putra, “Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Leafblast Tanaman Padi Menggunakan MobileNetv2,” *Fountain Informatics J.*, vol. 8, no. 1, pp. 7–14, 2023, doi: 10.21111/fij.v8i1.9419.