

Perbandingan Performa MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5 pada Klasifikasi Gambar Kupu-Kupu

Egy Vedriyanto 2117051035

Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

KATA KUNCI

Deep Learning
MobileNetV2 ResNet18
LeNet-5 Klasifikasi
Gambar Dataset Kupu-
Kupu Perbandingan
Model

ABSTRAK

Klasifikasi gambar merupakan salah satu tugas utama dalam bidang visi komputer yang sering memanfaatkan model deep learning. Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan performa tiga arsitektur model deep learning, yaitu MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5, untuk klasifikasi gambar spesies kupu-kupu. Dataset yang digunakan adalah kumpulan gambar kupu-kupu dengan berbagai spesies yang diproses menggunakan augmentasi data. Model diuji menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan f1-score untuk mengevaluasi performanya pada dataset validasi dan pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MobileNetV2 memberikan akurasi tertinggi, diikuti oleh LeNet-5, sementara ResNet18 memiliki akurasi terendah, meskipun tetap mencapai akurasi tinggi di atas 90%. Penelitian ini memberikan panduan bagi pengembang aplikasi klasifikasi spesies untuk memilih model yang optimal berdasarkan kebutuhan akurasi dan efisiensi komputasi.

1. Pendahuluan

Klasifikasi gambar telah menjadi salah satu cabang utama dalam pengembangan kecerdasan buatan (AI), khususnya di bidang visi komputer. Dengan kemajuan teknologi deep learning, berbagai arsitektur jaringan saraf tiruan telah diusulkan untuk menangani tugas klasifikasi secara lebih efektif. Di antara model-model tersebut, MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5 merupakan arsitektur yang sering digunakan karena keunggulannya masing-masing. MobileNetV2 dirancang untuk aplikasi dengan sumber daya terbatas tanpa mengorbankan akurasi secara signifikan [1]. ResNet18, dengan konsep residual connection, unggul dalam mengatasi masalah vanishing gradient pada model yang lebih dalam [2]. Sementara itu, LeNet-5, sebagai salah satu arsitektur pertama dalam deep learning, menjadi landasan bagi banyak model modern [3].

Studi sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan model deep learning dalam klasifikasi gambar alam, seperti daun, padi, dan serangga [4], [5], [6]. Namun, studi khusus yang membandingkan performa MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5 pada klasifikasi gambar spesies kupu-kupu masih jarang ditemukan. Kupu-kupu dipilih sebagai objek studi karena keanekaragaman pola dan warna pada sayapnya, yang dapat menjadi tantangan unik dalam tugas klasifikasi gambar. Penelitian terdahulu yang menggunakan dataset gambar kupu-kupu berhasil mencapai akurasi tinggi di atas 80% dengan model berbasis deep learning [7]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja ketiga model tersebut dalam tugas klasifikasi gambar kupu-kupu dan membandingkan hasilnya dengan penelitian sebelumnya.

Pada penelitian ini, dataset gambar kupu-kupu digunakan untuk melatih dan menguji performa model MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5. Dataset diproses dengan teknik augmentasi data untuk meningkatkan generalisasi model [8]. Selanjutnya, performa ketiga model dianalisis berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan f1-score. Dengan adanya penelitian ini,

diharapkan dapat memberikan panduan bagi pengembang sistem klasifikasi dalam memilih model yang optimal sesuai kebutuhan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Identifikasi dan Klasifikasi Spesies Kupu-Kupu Menggunakan Teknologi Deep Learning

Penelitian [7] membahas tantangan dalam identifikasi dan klasifikasi spesies kupu-kupu, yang merupakan tugas kompleks dan memerlukan keahlian mendalam. Dengan meningkatnya kebutuhan untuk melestarikan spesies yang terancam punah, penelitian ini mengeksplorasi penerapan teknik pemrosesan citra digital dan kecerdasan buatan dalam identifikasi otomatis. Berbagai metode, termasuk pembelajaran mesin tradisional dan model pembelajaran mendalam seperti ResNet dan Mask R-CNN, telah diuji untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi dalam klasifikasi spesies. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma yang tepat dan pengolahan citra yang efisien dapat meningkatkan akurasi identifikasi, sehingga memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya pelestarian dan penelitian biodiversitas.

2.2 Analisis Komparatif Klasifikasi Stres Biotik pada Tanaman Padi

Penelitian [5] bertujuan untuk melakukan analisis komparatif terhadap klasifikasi stres biotik pada tanaman padi dengan menggunakan beberapa model jaringan saraf dalam (CNN) yang telah dilatih sebelumnya, seperti ResNet-50, DenseNet-128, dan MobileNet. Dataset yang digunakan terdiri dari 2684 gambar yang mencakup berbagai ukuran, yang kemudian diperkecil menjadi 400×400 piksel untuk mengurangi waktu komputasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model ResNet-50 mencapai akurasi klasifikasi stres tanaman padi tertinggi sebesar 92,61%, mengungguli model CNN lainnya. Penelitian ini juga mengeksplorasi potensi penerapan metode otomatis dalam identifikasi stres tanaman padi, yang dapat bermanfaat bagi para non-ahli dalam bidang pertanian.

2.3 Augmentasi Data dalam Penelitian Gambar Medis

Penelitian [8] mengeksplorasi teknik augmentasi data dalam konteks gambar medis, dengan fokus pada penerapan deep learning untuk meningkatkan akurasi diagnosis. Berbagai studi yang diulas menunjukkan bahwa augmentasi data, seperti konversi ruang warna, resampling, dan augmentasi gambar, dapat secara signifikan meningkatkan performa model dalam mendeteksi kondisi medis, termasuk tumor otak dan penyakit oftalmologi. Misalnya, penelitian oleh Mishra et al. menggunakan metode pembelajaran mandiri yang kontras dengan dataset MRI otak, mencapai akurasi 72%, sementara Tripathy et al. melaporkan akurasi hingga 100% dengan model EfficientNet pada dataset deteksi tumor otak. Meskipun hasil yang menjanjikan diperoleh, penulis menekankan perlunya validasi lebih lanjut dengan data klinis yang lebih luas dan beragam untuk memastikan keandalan dan generalisasi model yang dikembangkan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Dataset

Dataset yang digunakan berisi 800 gambar yang terdiri dari 8 kelas spesies kupu-kupu dengan masing-masing kelas terdapat 100 gambar. Dataset ini diolah melalui tahapan pra-pemrosesan dan augmentasi untuk memastikan model dapat belajar secara optimal dari data yang bervariasi.

Pra-Pemrosesan Dataset dan Augmentasi

Pra-pemrosesan dataset dilakukan untuk memastikan kualitas data input yang konsisten, sehingga model dapat dilatih dengan optimal. Langkah-langkah pra-pemrosesan meliputi:

- **Auto-Orient:** Setiap gambar dikenakan orientasi otomatis untuk memastikan konsistensi arah.
- **Resize:** Gambar diubah ukurannya berdasarkan kebutuhan model:
 - Untuk **MobileNetV2** dan **ResNet18**, gambar diubah menjadi ukuran 224x224 piksel menggunakan metode "fit", yang memasukkan gambar ke dalam dimensi yang diinginkan tanpa mengubah aspek rasio.
 - Untuk **LeNet-5**, gambar diubah menjadi ukuran 32x32 piksel, sesuai dengan arsitektur asli LeNet-5.
- **Normalize:** Menormalkan nilai piksel gambar ke rentang $[-1, 1]$ menggunakan rata-rata dan standar deviasi (0.5, 0.5).

Untuk meningkatkan keragaman data dan kemampuan generalisasi model, augmentasi dataset diterapkan pada data pelatihan dengan teknik berikut:

- **Flip:** Membalik gambar secara horizontal.
- **Rotasi Acak:** Melakukan rotasi acak pada gambar dengan sudut antara -30° hingga $+30^\circ$.
- **Color Jitter:** Melakukan perubahan pada rona warna (hue), saturasi, kontras, dan kecerahan.

Setiap gambar dalam subset pelatihan di-augmentasi secara acak selama pelatihan untuk menghasilkan variasi data yang lebih luas tanpa menambahkan data mentah baru.



Gambar 1. Dataset Sebelum Augmentasi



Gambar 2. Dataset Setelah Augmentasi

Pembagian Dataset

Dataset dibagi menjadi tiga subset berdasarkan proporsi berikut:

- **70% untuk pelatihan (556 gambar):** Data utama yang digunakan untuk melatih model.
- **20% untuk validasi (159 gambar):** Data yang digunakan untuk memantau performa model selama pelatihan, membantu mencegah overfitting.
- **10% untuk pengujian (80 gambar):** Data baru yang tidak pernah dilihat model untuk mengevaluasi performa akhir secara objektif.

Pembagian ini memastikan bahwa dataset cukup besar untuk pelatihan, namun tetap menyediakan data yang representatif untuk validasi dan pengujian.

3.2 MobileNetV2

MobileNetV2 adalah model deep learning yang dirancang untuk perangkat dengan sumber daya terbatas. Model ini menggunakan blok inverted residual dengan koneksi shortcut antara lapisan untuk meningkatkan efisiensi komputasi. MobileNetV2 mengadopsi teknik depthwise separable convolution untuk mengurangi jumlah parameter, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan latensi rendah dengan akurasi yang tetap kompetitif.

3.3 ResNet18

ResNet18 merupakan model arsitektur deep learning berbasis residual network dengan 18 lapisan. Model ini menggunakan residual block yang memungkinkan gradien mengalir melalui shortcut connection, sehingga mengurangi risiko vanishing gradient pada jaringan yang dalam. ResNet18 dirancang untuk mempelajari fitur yang kompleks pada gambar, menjadikannya efektif dalam berbagai tugas klasifikasi visual.

3.4 LeNet-5

LeNet-5 adalah salah satu model convolutional neural network (CNN) pertama yang diperkenalkan untuk klasifikasi gambar. Dengan arsitektur yang relatif sederhana, model ini terdiri dari enam lapisan utama, termasuk lapisan konvolusi dan pooling. LeNet-5 dirancang untuk memproses gambar berukuran kecil,

seperti 32x32 piksel, dan telah terbukti efisien dalam mendeteksi pola visual dasar.

3.5 Prosedur Pelatihan Model

Pelatihan model dilakukan dengan pengaturan sebagai berikut:

- **Framework:** PyTorch.
- **Hyperparameter:**
 - Learning rate: 0.001
 - Batch size:
 - MobileNetV2: 16
 - ResNet18: 32
 - LeNet-5: 32
 - Epoch: 20
- **Loss Function:** CrossEntropyLoss, digunakan untuk mengoptimalkan performa klasifikasi multi-kelas.

Proses pelatihan dilakukan menggunakan GPU NVIDIA Tesla T4 yang disediakan oleh Google Colab untuk mempercepat iterasi dan memastikan efisiensi komputasi.

3.6 Evaluasi Performa Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan:

- **Accuracy:** Mengukur persentase prediksi yang benar dibandingkan total data uji.
- **Confusion Matrix:** Digunakan untuk mengevaluasi performa klasifikasi dengan melihat distribusi true positive, false positive, true negative, dan false negative.
- **Precision dan Recall:** Mengukur keseimbangan prediksi model, terutama untuk menilai ketepatan dan sensitivitas pada setiap kelas.

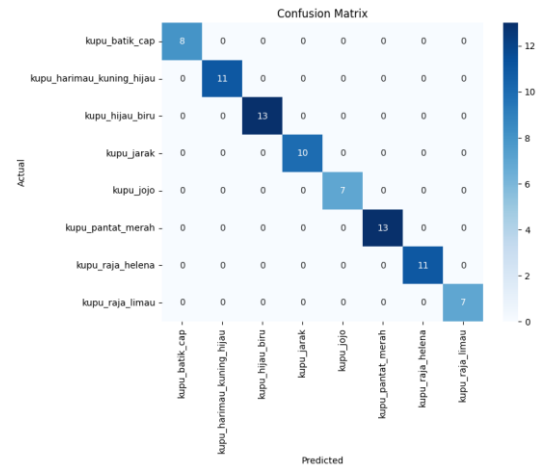
4. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, akan dipaparkan hasil pelatihan dan evaluasi model MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5 yang digunakan dalam klasifikasi gambar kupu-kupu. Hasil evaluasi didasarkan pada beberapa metrik performa standar, seperti akurasi, precision, dan recall. Selain itu, model juga diuji pada data uji untuk mengukur kemampuannya dalam melakukan klasifikasi gambar yang belum pernah dilihat sebelumnya selama pelatihan, sehingga memberikan gambaran objektif terhadap performa masing-masing model.

4.1 Metrik Hasil Evaluasi

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
kupu_batik_cap	1.00	1.00	1.00	8
kupu_harimau_kuning_hijau	1.00	1.00	1.00	11
kupu_hijau_biru	1.00	1.00	1.00	13
kupu_jarak	1.00	1.00	1.00	10
kupu_jojo	1.00	1.00	1.00	7
kupu_pantat_merah	1.00	1.00	1.00	13
kupu_raja_helena	1.00	1.00	1.00	11
kupu_raja_limau	1.00	1.00	1.00	7
accuracy			1.00	80
macro avg	1.00	1.00	1.00	80
weighted avg	1.00	1.00	1.00	80

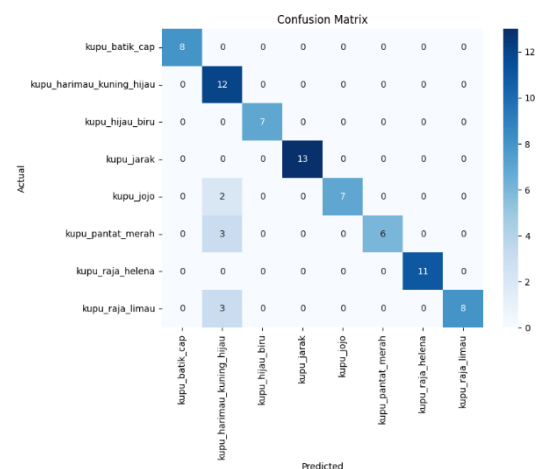
Gambar 3. Classification Report MobileNetV2



Gambar 4. Confusion Matrix MobileNetV2

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
kupu_batik_cap	1.00	1.00	1.00	8
kupu_harimau_kuning_hijau	0.60	1.00	0.75	12
kupu_hijau_biru	1.00	1.00	1.00	7
kupu_jarak	1.00	1.00	1.00	13
kupu_jojo	1.00	0.78	0.88	9
kupu_pantat_merah	1.00	0.67	0.80	9
kupu_raja_helena	1.00	1.00	1.00	11
kupu_raja_limau	1.00	0.73	0.84	11
accuracy			0.90	80
macro avg	0.95	0.90	0.91	80
weighted avg	0.94	0.90	0.90	80

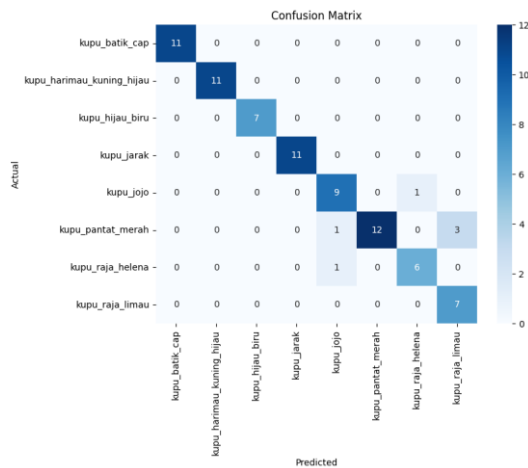
Gambar 5. Classification Report ResNet18



Gambar 6. Confusion Matrix ResNet18

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
kupu_batik_cap	1.00	1.00	1.00	11
kupu_harimau_kuning_hijau	1.00	1.00	1.00	11
kupu_hijau_biru	1.00	1.00	1.00	7
kupu_jarak	1.00	1.00	1.00	11
kupu_jojo	0.82	0.90	0.86	10
kupu_pantat_merah	1.00	0.75	0.86	16
kupu_raja_helena	0.86	0.86	0.86	7
kupu_raja_limau	0.70	1.00	0.82	7
accuracy			0.93	80
macro avg	0.92	0.94	0.92	80
weighted avg	0.94	0.93	0.93	80

Gambar 7. Classification Report LeNet-5



Gambar 8. Confusion Matrix LeNet-5

4.2 Visualisasi Hasil Prediksi



Gambar 9. Visualisasi Prediksi MobileNetV2



Gambar 10. Visualisasi Prediksi ResNet18



Gambar 11. Visualisasi Prediksi LeNet-5

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5 memberikan performa yang bervariasi pada tugas klasifikasi gambar kupu-kupu.

Pada MobileNetV2, model mencapai akurasi sempurna sebesar **100%**, dengan nilai precision, recall, dan f1-score masing-masing sebesar **1.00** untuk semua kelas. Hasil ini menunjukkan bahwa model berhasil mengenali semua gambar uji tanpa kesalahan, baik dari sisi false positive maupun false negative, sehingga sangat ideal untuk klasifikasi dataset ini.

Pada ResNet18, model mencatat akurasi keseluruhan sebesar **90%**. Meskipun beberapa kelas, seperti *kupu_batik_cap* dan *kupu_hijau_biru*, menunjukkan performa sempurna, beberapa kelas lain, seperti *kupu_harimau_kuning_hijau* dan *kupu_pantat_merah*, memiliki nilai recall yang lebih rendah, masing-masing sebesar **1.00** dan **0.67**. Hal ini menyebabkan penurunan nilai rata-rata precision dan recall model, dengan

weighted average f1-score sebesar **0.90**, menunjukkan potensi overfitting pada beberapa kelas.

Pada LeNet-5, model berhasil mencapai akurasi **93%**. Beberapa kelas, seperti *kupu_batik_cap*, *kupu_harimau_kuning_hijau*, dan *kupu_jarak*, memiliki nilai precision, recall, dan f1-score sebesar **1.00**, mencerminkan performa yang sangat baik. Namun, beberapa kelas lain, seperti *kupu_pantat_merah* dan *kupu_raja_helena*, menunjukkan nilai recall yang lebih rendah, masing-masing sebesar **0.75** dan **0.86**. Weighted average f1-score model tercatat sebesar **0.93**, menunjukkan bahwa LeNet-5 mampu menangani dataset dengan baik, meskipun masih ada kesalahan pada beberapa kelas.

Secara keseluruhan, MobileNetV2 memberikan performa terbaik, diikuti oleh LeNet-5 dan ResNet18. Hasil ini mengindikasikan bahwa arsitektur MobileNetV2 lebih efisien untuk dataset ini, sementara ResNet18 dan LeNet-5 mungkin memerlukan penyesuaian hyperparameter atau lebih banyak data untuk meningkatkan akurasi mereka.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan dan mengevaluasi tiga model deep learning, yaitu MobileNetV2, ResNet18, dan LeNet-5, untuk tugas klasifikasi gambar kupu-kupu pada dataset tertentu. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa MobileNetV2 memberikan performa terbaik dengan akurasi 100%, precision, recall, dan f1-score sempurna pada semua kelas. Model ini menunjukkan kemampuan luar biasa dalam mengenali semua gambar uji tanpa kesalahan.

ResNet18 memiliki akurasi sebesar **90%**, dengan penurunan performa pada beberapa kelas tertentu yang menunjukkan recall lebih rendah, sehingga menghasilkan weighted average f1-score sebesar **0.90**. Sementara itu, LeNet-5 mencapai akurasi **93%**, dengan beberapa kelas mengalami kesalahan deteksi, menghasilkan weighted average f1-score sebesar **0.93**.

Hasil ini menunjukkan bahwa MobileNetV2 merupakan model paling efisien untuk tugas klasifikasi pada dataset ini, diikuti oleh LeNet-5, sedangkan ResNet18 memerlukan penyesuaian lebih lanjut untuk meningkatkan performanya. Penelitian ini mengindikasikan bahwa arsitektur model dengan parameter yang lebih ringan, seperti MobileNetV2, lebih cocok untuk dataset kecil dengan kelas yang terdefinisi dengan baik.

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan eksplorasi lebih lanjut terhadap variasi augmentasi data, pengoptimalan hyperparameter, atau penggunaan dataset yang lebih besar untuk meningkatkan generalisasi model. Penelitian ini menunjukkan potensi besar penggunaan deep learning dalam tugas klasifikasi gambar spesifik, seperti identifikasi spesies kupu-kupu.

Referensi

- [1] Y. Nan, J. Ju, Q. Hua, H. Zhang, and B. Wang, "A-MobileNet: An approach of facial expression recognition," *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 6, pp. 4435–4444, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.09.066>.
- [2] S. Thanga Prasath and C. Navaneethan, "Deep Learning Framework for Colorectal Cancer Classification Using ResNet18 Based on Dietary

- Habits Related to Meat Intake and Cooking Methods,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 99453–99468, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3430036.
- [3] R. A. Hazarika, A. Abraham, D. Kandar, and A. K. Maji, “An Improved LeNet-Deep Neural Network Model for Alzheimer’s Disease Classification Using Brain Magnetic Resonance Images,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 161194–161207, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3131741.
- [4] E. Elfatimi, R. Eryigit, and L. Elfatimi, “Beans Leaf Diseases Classification Using MobileNet Models,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 9471–9482, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3142817.
- [5] N. N. Malvade, R. Yakkundimath, G. Saunshi, M. C. Elemmi, and P. Baraki, “A comparative analysis of paddy crop biotic stress classification using pre-trained deep neural networks,” *Artif. Intell. Agric.*, vol. 6, pp. 167–175, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.09.001>.
- [6] A. Tan, G. Zhou, and M. He, “Rapid Fine-Grained Classification of Butterflies Based on FCM-KM and Mask R-CNN Fusion,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 124722–124733, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3007745.
- [7] R. Yasmin, A. Das, L. J. Rozario, and M. E. Islam, “Butterfly detection and classification techniques: A review,” *Intell. Syst. with Appl.*, vol. 18, p. 200214, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200214>.
- [8] T. Islam, M. S. Hafiz, J. R. Jim, M. M. Kabir, and M. F. Mridha, “A systematic review of deep learning data augmentation in medical imaging: Recent advances and future research directions,” *Healthc. Anal.*, vol. 5, p. 100340, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.health.2024.100340>.