

Implementasi Model InceptionResNet, ZfNet, dan VGG19 dalam Klasifikasi Citra Kupu-Kupu

Alkhadafi Saddam Simparico 2117051049

Department of Computer Science, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Lampung University

KEYWORDS

Kupu-kupu, butterfly, Machine Learning, Deep Learning, InceptionResNet, ZfNet, VGG19, Classification

ABSTRACT

Perkembangan teknologi visi komputer telah membuka peluang besar dalam pengenalan dan klasifikasi objek, termasuk identifikasi spesies kupu-kupu berdasarkan citra. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja tiga model deep learning populer, yaitu InceptionResNet, ZfNet, dan VGG19, dalam klasifikasi citra kupu-kupu. Dataset yang digunakan terdiri dari berbagai spesies kupu-kupu dengan variasi warna, bentuk sayap, sudut pengambilan gambar, serta kondisi pencahayaan dan latar belakang.

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi visi komputer telah membuka peluang besar untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang ekologi, konservasi, dan pendidikan. Salah satu teknologi yang menonjol adalah algoritma klasifikasi citra berbasis deep learning, yang memungkinkan sistem mengenali dan mengklasifikasikan objek secara akurat dan efisien. Teknologi ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pengenalan pola, identifikasi spesies, dan analisis citra lingkungan. Tantangan menarik ditemukan dalam klasifikasi citra spesies kupu-kupu, yang melibatkan pengenalan detail visual seperti pola, warna, dan bentuk sayap dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta latar belakang yang beragam.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), istilah "kupu-kupu" merujuk pada serangga bersayap indah yang aktif pada siang hari. Dalam bahasa Indonesia, istilah ini juga digunakan dalam berbagai ungkapan dan simbolisme budaya, sering kali melambangkan keindahan dan transformasi. Tantangan utama dalam klasifikasi citra ini meliputi variasi bentuk tangan, sudut pandang kamera, pencahayaan yang tidak merata, serta latar belakang yang kompleks. Algoritma yang dibutuhkan adalah algoritma yang efisien, tangguh, dan mampu bekerja secara *real-time* untuk menyelesaikan tugas ini.

InceptionResNet menggabungkan kekuatan modul Inception dan koneksi Residual untuk meningkatkan kemampuan ekstraksi fitur sekaligus mengurangi masalah gradien yang hilang selama pelatihan. Integrasi kedua teknik ini memungkinkan jaringan mempelajari pola yang lebih kompleks secara efisien (Wu *et al.*, 2024). ZFNet diperkenalkan oleh Zeiler dan Fergus, ZFNet merupakan penyempurnaan dari arsitektur AlexNet sebelumnya. Ia menyesuaikan ukuran filter konvolusional dan langkah untuk meningkatkan kinerja ekstraksi fitur dan klasifikasi. VGG19 adalah arsitektur CNN mendalam yang dicirikan oleh kesederhanaan dan keseragaman arsitekturnya, memanfaatkan 19 lapisan dengan filter konvolusional 3x3 yang kecil. Desainnya yang lugas telah membuatnya populer untuk berbagai tugas pengenalan gambar (Garga *et al.*, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19 dalam klasifikasi citra kupu-kupu. Tidak seperti penelitian sebelumnya yang berfokus

pada klasifikasi citra umum, penelitian ini menyoroti kemampuan ketiga model dalam mengenali spesies kupu-kupu berdasarkan dataset yang beragam. Dataset yang digunakan mencakup variasi warna, tekstur, pola sayap, pencahayaan, sudut pandang, dan latar belakang untuk menguji ketahanan model dalam berbagai kondisi. Penelitian ini tidak bertujuan untuk mengembangkan aplikasi identifikasi kupu-kupu, melainkan untuk menganalisis performa klasifikasi citra yang dihasilkan oleh masing-masing model tersebut.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan penting tentang kemampuan model InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19 dalam menghadapi tantangan klasifikasi citra kupu-kupu yang kompleks. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi berharga bagi pengembangan aplikasi berbasis *deep learning* untuk identifikasi spesies atau klasifikasi citra lainnya di masa mendatang.

2. Studi Literatur

Penelitian sebelumnya oleh (Micheal & Hartati, 2022) bertujuan mengklasifikasikan spesies kupu-kupu menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur VGG-16 dan LeNet, serta berbagai *optimizer* seperti Adam, Adagrad, dan SGD. Dataset yang digunakan terdiri dari 5.455 citra yang dibagi menjadi data *train*, *test*, dan *validation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi arsitektur dan *optimizer* tertentu dapat meningkatkan akurasi klasifikasi.

Penelitian lainnya oleh (Ramayanti *et al.*, 2022) membahas identifikasi spesies kupu-kupu dengan bantuan komputer menggunakan arsitektur VGG16 dan MobileNetV2. Tujuannya adalah membandingkan kinerja kedua arsitektur dalam hal akurasi dan efisiensi komputasi untuk klasifikasi citra kupu-kupu.

3. Metodologi

Setiap tahapan pada penelitian ini dijabarkan melalui beberapa poin yaitu:

3.1. Pencarian Dataset

Tahap awal dari penelitian ini adalah pencarian dataset yang sesuai untuk keperluan pengujian kinerja model InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19 dalam klasifikasi citra kupu-kupu. Dataset

yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari *dataset* pribadi milik Rico Andrian, S.Si., M.Kom dosen Universitas Lampung.

Dataset ini dipilih karena memiliki variasi citra yang memadai, mencakup berbagai jenis kupu-kupu dengan kondisi pencahayaan yang beragam, sudut pengambilan gambar yang bervariasi, serta perbedaan ukuran dan warna sayap. Variasi ini memberikan gambaran yang komprehensif dalam pengujian model InceptionResNet, ZfNet, dan VGG19. Dataset terdiri dari ratusan gambar kupu-kupu yang telah dianotasi, di mana setiap citra diberi label sesuai spesiesnya, sehingga memudahkan proses pelatihan dan evaluasi model untuk klasifikasi citra dengan akurasi yang optimal.

3.2. Preprocessing Data

Preprocessing data dilakukan guna menyiapkan kumpulan data sebelum memasukkannya ke dalam tahap pelatihan model (Tang et al., 2020). Langkah langkah yang dilakukan antara lain melabeling dataset untuk menandai objek objek dari tiap gambar yang terdapat pada padaset.

3.3. Pembagian Dataset

Pembagian data yang dilakukan adalah membagi data menjadi 3 bagian utama, yaitu data *training*, data *validation*, dan data *testing*. Data *training* merupakan komponen kunci dalam proses melatih model. Sebanyak 70% dari jumlah total gambar akan diambil sebagai bagian dari data pelatihan (Alzubaidi et al., 2021). Sebanyak 10% dari seluruh gambar akan digunakan sebagai data validasi. Proses validasi ini membantu memastikan bahwa model mampu menggeneralisasi dengan baik pada data yang berbeda dari data pelatihan (A. Maxwell & Warner, 2021). Data testing memiliki peran penting dalam evaluasi kinerja model yang telah dilatih (Ramadhan et al., 2021). Sebanyak 20% dari keseluruhan gambar akan digunakan sebagai data uji. Data uji ini memungkinkan untuk menguji sejauh mana model yang telah dilatih mampu melakukan prediksi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya, dan hasil pengujian ini membantu mengukur keakuratan dan kinerja keseluruhan dari model yang dikembangkan.

3.4. Model InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19 dalam citra kupu-kupu

Proses pelatihan model dalam penelitian ini memanfaatkan model InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19. Pelatihan ini dilakukan menggunakan alat seperti anaconda prompt dengan beberapa penyesuaian di bagian hyperparameter seperti epoch, batch, optimizer, dan learning rate. Pelatihan dataset dilakukan dengan menggunakan 20 epoch, 8 batch, dan learning rate 0.0001.

3.5. Hasil Akurasi Model

Hasil akurasi pelatihan model menunjukkan kemampuan model dalam memahami dan menggeneralisasi pola yang ada dalam data. Akurasi pelatihan yang tinggi dapat menunjukkan bahwa model telah berhasil mempelajari pelatihan dengan baik, namun tidak selalu menjadi indikator yang tepat mengenai kemampuan model dalam menghadapi data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

3.6. Confusion Matrix

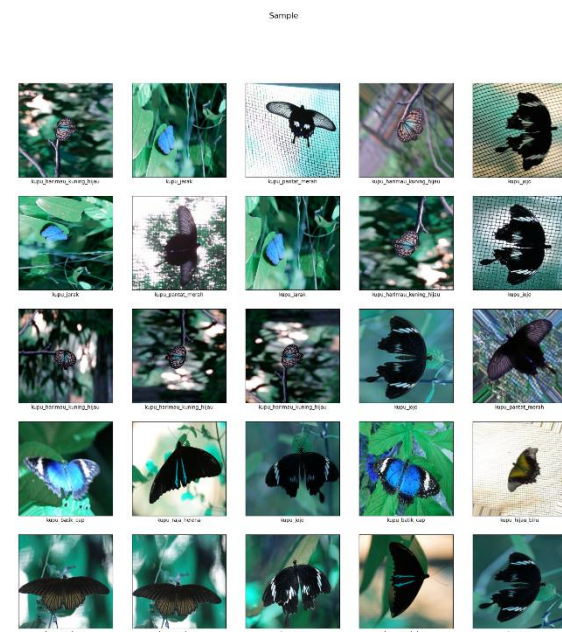
Confusion matrix diperoleh setelah proses pelatihan model pada data pelatihan dan validasi selesai. Data uji digunakan untuk mengevaluasi kinerja model yang telah dilatih. Evaluasi performa model ini dapat dilakukan dengan menggunakan confusion matrix, yang memungkinkan penghitungan metrik-metrik seperti akurasi, *F1-score*, recall, dan presisi.

4. Hasil dan Analisis

Pada bagian ini, akan dijelaskan hasil dan pembahasan dalam proses klasifikasi citra pada rambu jalan dengan model InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19. Adapun hal utama yang akan dibahas adalah dataset, hasil training, performa matriks, dan evaluasi model.

4.1 Dataset

Dataset yang digunakan adalah dataset yang berisi 1600 gambar kupu-kupu yang terdiri dari 8 jenis kupu-kupu yaitu kupu_batik_cap, kupu_harimau_kuning_hijau, kupu_hijau_biru, kupu_jarak, kupu_joyo, kupu_pantat_merah, kupu_raja_helena, kupu_raja_limau.

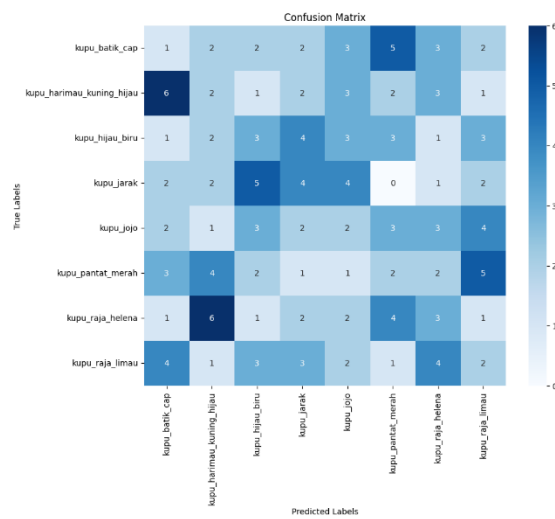


Gambar 1. Dataset kupu-kupu.

4.2 Hasil Training

Beberapa hasil training dari InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19 akan ditampilkan dibawah ini:

4.2.1 InceptionResNet



Gambar 2. Confusion Matrix model InceptionResNet.

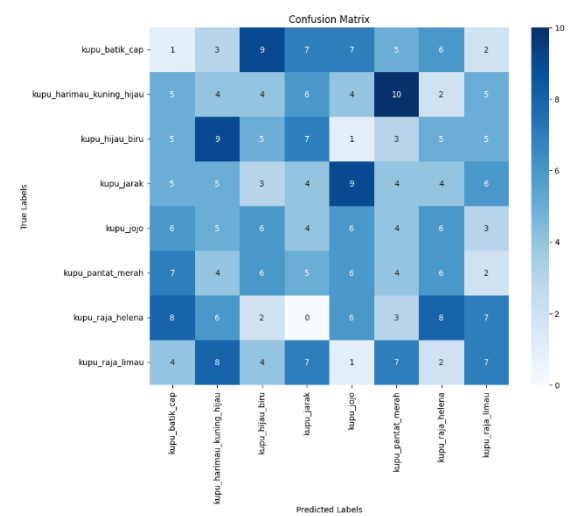
Confusion matrix diatas menunjukkan performa model klasifikasi citra kupu-kupu berdasarkan hasil prediksi terhadap data uji. Baris pada matriks merepresentasikan label sebenarnya (true labels), sedangkan kolom menunjukkan hasil prediksi model (predicted labels). Nilai pada diagonal utama menunjukkan jumlah prediksi yang benar, di mana model berhasil mengklasifikasikan gambar sesuai dengan kelasnya. Misalnya, kelas `kupu_harimau_kuning_hijau` memiliki performa terbaik dengan 6 prediksi yang benar. Sebaliknya, elemen non-diagonal mencerminkan jumlah kesalahan prediksi, di mana model salah mengklasifikasikan satu kelas sebagai kelas lainnya. Sebagai contoh, terdapat 3 gambar `kupu_batik_cap` yang salah diklasifikasikan sebagai `kupu_pantat_merah`.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kelas seperti `kupu_jarak` memiliki distribusi kesalahan prediksi yang cukup besar, yang menunjukkan bahwa model kesulitan membedakan kelas ini dari yang lain. Demikian pula, kelas `kupu_pantat_merah` sering salah diprediksi sebagai `kupu_batik_cap` atau `kupu_joyo`. Kesalahan ini kemungkinan disebabkan oleh kemiripan visual antar kelas, seperti pola atau warna yang serupa.

Tabel 1. Tabel Confusion Matrix model InceptionResNet.

	precision	recall	f1-score	support
kupu_batik_cap	0.05	0.05	0.05	20
kupu_harimau_kuning_hijau	0.10	0.10	0.10	20
kupu_hijau_biru	0.15	0.15	0.15	20
kupu_jarak	0.20	0.20	0.20	20
kupu_joyo	0.10	0.10	0.10	20
kupu_pantat_merah	0.10	0.10	0.10	20
kupu_raja_helena	0.15	0.15	0.15	20
kupu_raja_limau	0.10	0.10	0.10	20

4.2.2 ZfNet



Gambar 3. Confusion Matrix model ZfNet.

Confusion matrix di atas menunjukkan performa model ZFNet dalam mengklasifikasikan citra kupu-kupu berdasarkan data uji. Pada matriks ini, baris mewakili label sebenarnya (true labels), sedangkan kolom menunjukkan hasil prediksi model (predicted labels). Nilai diagonal utama menunjukkan jumlah prediksi yang benar, sedangkan nilai di luar diagonal menunjukkan jumlah kesalahan prediksi.

Secara umum, ZFNet memiliki beberapa kekuatan dan kelemahan dalam klasifikasi. Sebagai contoh, kelas `kupu_harimau_kuning_hijau` menunjukkan performa yang cukup baik dengan 10 prediksi yang benar, menunjukkan bahwa model mampu mengenali pola unik dari kelas ini. Namun, terdapat banyak kesalahan pada kelas lain, seperti `kupu_batik_cap`, yang hanya berhasil diklasifikasikan dengan benar satu kali, sementara sebagian besar citranya salah diprediksi sebagai `kupu_hijau_biru` dan `kupu_joyo`. Hal ini mengindikasikan adanya kemiripan visual antar kelas yang menyulitkan model untuk membedakan pola.

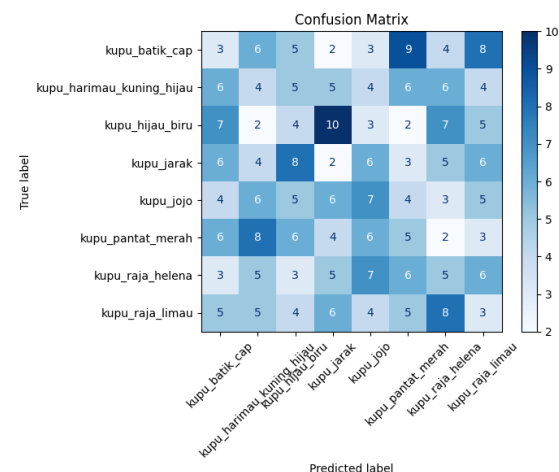
kelas `kupu_raja_helena` menunjukkan performa buruk dengan sebagian besar citra salah diklasifikasikan sebagai

kupu_batik_cap dan kupu_joyo, yang mungkin menunjukkan bahwa fitur visual dari kelas ini kurang terwakili dalam model atau dataset pelatihan. Masalah serupa juga terlihat pada kelas kupu_pantat_merah yang memiliki distribusi kesalahan cukup merata di berbagai kelas lainnya.

Tabel 2. Tabel Confusion Matrix model ZfNet.

	precision	recall	f1-score	support
kupu_batik_cap	0.02	0.03	0.02	40
kupu_harimau	0.09	0.10	0.10	40
_kuning_hijau				
kupu_hijau_biru	0.13	0.12	0.13	40
kupu_jarak	0.10	0.10	0.10	40
kupu_joyo	0.15	0.15	0.15	40
kupu_pantat_merah	0.10	0.10	0.10	40
kupu_raja_helena	0.21	0.20	0.20	40
kupu_raja_limau	0.19	0.17	0.18	40

4.2.3 VGG19



Gambar 4. Confusion Matrix model VGG19.

Confusion matrix di atas menunjukkan performa model VGG19 dalam mengklasifikasikan citra kupu-kupu dari dataset yang digunakan. Baris pada matriks mewakili label asli (true labels), sedangkan kolom mewakili prediksi model (predicted labels). Nilai diagonal utama menunjukkan jumlah prediksi yang benar untuk setiap kelas, sementara nilai di luar diagonal menunjukkan kesalahan prediksi.

Model VGG19 menunjukkan hasil yang cukup baik pada beberapa kelas. Sebagai contoh, kelas kupu_hijau_biru memiliki jumlah prediksi yang benar tertinggi, yaitu 10, menunjukkan bahwa model mampu mengenali pola visual kelas ini dengan baik. Namun, beberapa kelas lain, seperti kupu_batik_cap dan kupu_pantat_merah, memiliki jumlah kesalahan prediksi yang lebih besar. Misalnya, kupu_batik_cap sering salah diprediksi sebagai kupu_raja_helena dan kupu_raja_limau, yang mungkin

disebabkan oleh kesamaan pola visual atau kurangnya representasi yang memadai dalam dataset pelatihan.

Kelas kupu_jarak dan kupu_joyo juga menunjukkan distribusi kesalahan yang lebih merata, yang mengindikasikan bahwa model mengalami kesulitan dalam membedakan ciri khas dari kelas-kelas ini. Kesalahan yang merata di seluruh kelas menunjukkan adanya fitur visual yang tumpang tindih atau kurang spesifik dalam dataset.

Tabel 3. Tabel Confusion Matrix model VGG19.

	precision	recall	f1-score	support
kupu_batik_cap	0.07	0.07	0.07	40
kupu_harimau	0.10	0.10	0.10	40
_kuning_hijau				
kupu_hijau_biru	0.10	0.10	0.10	40
kupu_jarak	0.05	0.05	0.05	40
kupu_joyo	0.17	0.17	0.17	40
kupu_pantat_merah	0.12	0.12	0.12	40
kupu_raja_helena	0.12	0.12	0.12	40
kupu_raja_limau	0.07	0.07	0.07	40

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis performa ketiga model deep learning, yaitu InceptionResNet, ZFNet, dan VGG19, terlihat bahwa setiap model memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing dalam klasifikasi citra kupu-kupu. Model InceptionResNet menunjukkan performa yang cukup merata, tetapi kesalahan prediksi terjadi pada kelas dengan kemiripan visual tinggi, seperti kupu_batik_cap dan kupu_pantat_merah.

Model ZFNet memiliki performa yang kurang konsisten, di mana kelas kupu_harimau_kuning_hijau menunjukkan hasil terbaik dengan 10 prediksi yang benar, tetapi sebagian besar kelas lain memiliki kesalahan prediksi yang signifikan, mencerminkan keterbatasan dalam mengenali pola kompleks antar kelas.

Sementara itu, model VGG19 menunjukkan hasil terbaik secara keseluruhan, dengan akurasi yang lebih tinggi pada beberapa kelas seperti kupu_hijau_biru, meskipun masih terdapat kesalahan pada kelas-kelas tertentu, seperti kupu_batik_cap dan kupu_pantat_merah, akibat kemiripan visual antar kelas. Secara keseluruhan, model VGG19 dapat dianggap sebagai model yang paling menjanjikan untuk tugas klasifikasi citra kupu-kupu, tetapi optimalisasi lebih lanjut pada dataset dan arsitektur model diperlukan untuk meningkatkan performa pada kelas-kelas yang sulit dibedakan.

REFERENSI

- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., & ... (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. In *Journal of big Data*. Springer. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Garga, B., Abboubakar, H., Sourpele, R. S., Gwet, D. L. L., & ... (2024). Pollen Grain Classification Using Some Convolutional Neural Network Architectures. *Journal of ...* <https://www.mdpi.com/2313-433X/10/7/158>
- Maxwell, A., & Warner, T. (2021). *Accuracy Assessment in Convolutional Neural Network-Based Deep Learning Remote Sensing Studies—Part 1: Literature Review*, Mdpi. Com, 2021.
- Micheal, M., & Hartati, E. (2022). Klasifikasi Spesies Kupu Kupu Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *MDP Student Conference*. <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/msc/article/view/1928>
- Ramadhan, R., Fibriani, I., & Cahyadi, W. (2021). ... Microexpressions Untuk Mengenali Hubungan Kekerbatan Menggunakan Extreme Learning Machine: Application of Microexpressions to Recognize Kinship Using *... of Machine Learning and* <https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/101>
- Ramayanti, D., Asri, S. D., & Lionie, L. (2022). Implementasi Model Arsitektur VGG16 dan MobileNetV2 Untuk Klasifikasi Citra Kupu-Kupu. In *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*.
- Tang, S., Yuan, S., & Zhu, Y. (2020). Data preprocessing techniques in convolutional neural network based on fault diagnosis towards rotating machinery. *IEEE Access*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9149875/>
- Wu, L., Jinma, Y., Wang, X., Yang, F., Xu, F., Cui, X., & Sun, Q. (2024). Amur Tiger Individual Identification Based on the Improved InceptionResNetV2. In *Animals*. mdpi.com. <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/16/2312>
- Yang, Y. (1999). An evaluation of statistical approaches to text categorization. *Information Retrieval*. <https://doi.org/10.1023/A:1009982220290>