



Analisis Performa Convolution Neural Network untuk Klasifikasi Hewan Berdasarkan Perbedaan Ukuran Kernels

Performance Analysis of Convolution Neural Networks for Animal Classification Based on Different Kernel Sizes

Ilham Maratua Pane & Arnes Sembiring*

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Diterima: 21 April 2025; Direview: 22 April 2025; Disetujui: 24 April 2025

*Corresponding Email: arnessembiring@staff.uma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran kernel pada arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) terhadap performa klasifikasi citra hewan. Ukuran kernel yang diuji meliputi 3x3, 5x5, 7x7, dan 9x9. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik akurasi dan analisis confusion matrix untuk mengukur efektivitas masing-masing model. Hasil menunjukkan bahwa kernel berukuran 5x5 memberikan akurasi tertinggi dan distribusi klasifikasi yang paling seimbang, sedangkan kernel 9x9 menghasilkan penurunan performa yang signifikan. Ukuran kernel yang terlalu besar menyebabkan model kehilangan kemampuan dalam menangkap fitur lokal, sehingga terjadi kesalahan klasifikasi yang tinggi. Sebaliknya, ukuran kernel yang moderat mampu menjaga keseimbangan antara cakupan informasi global dan detail lokal. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan ukuran kernel yang tepat dalam perancangan CNN untuk mencapai hasil klasifikasi yang optimal.

Kata Kunci: Convolutional Neural Network; Klasifikasi Citra; Ukuran Kernel; Akurasi; Confusion Matrix.

Abstract

This study aims to analyze the impact of kernel size variation in Convolutional Neural Network (CNN) architectures on the performance of animal image classification. The kernel sizes evaluated include 3x3, 5x5, 7x7, and 9x9. Performance was assessed using accuracy metrics and confusion matrix analysis to determine the effectiveness of each model. The results indicate that the 5x5 kernel achieved the highest accuracy and the most balanced classification distribution, while the 9x9 kernel resulted in a significant decline in performance. Excessively large kernels led to the model's inability to capture local features, causing a high rate of misclassification. In contrast, moderately sized kernels maintained a balance between capturing global context and preserving local detail. These findings highlight the importance of selecting an appropriate kernel size in CNN architecture design to achieve optimal classification results.

Keywords: Convolutional Neural Network; Image Classification; Kernel Size; Accuracy; Confusion Matrix.



PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dalam bidang kecerdasan buatan dan pengolahan citra digital telah memicu berbagai terobosan dalam pengembangan algoritma klasifikasi gambar, salah satunya adalah Convolutional Neural Network (CNN) [1], [2]. CNN telah menjadi pendekatan utama dalam pengenalan pola dan klasifikasi objek visual karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur spasial dari data gambar secara otomatis dan hierarkis [3], [4]. Teknologi ini telah diterapkan secara luas dalam berbagai sektor, mulai dari kesehatan, keamanan, hingga pengenalan spesies hewan, dengan hasil yang semakin menjanjikan seiring dengan meningkatnya daya komputasi dan ketersediaan dataset berskala besar [5], [6], [7].

Salah satu komponen penting dalam arsitektur CNN adalah kernel, yaitu matriks kecil yang digunakan dalam operasi konvolusi untuk mengekstraksi fitur dari citra [8], [9]. Ukuran kernel berperan besar dalam menentukan sejauh mana detail lokal atau informasi global dari citra dapat ditangkap oleh jaringan [10], [11], [12]. Kernel berukuran kecil cenderung menangkap detail mikro seperti tepi dan tekstur, sedangkan kernel besar lebih cocok untuk mengenali pola makro [13], [14]. Namun, pemilihan ukuran kernel yang tidak tepat dapat menurunkan performa model, baik karena kehilangan informasi penting maupun karena over-generalization [15], [16], [17]. Meskipun CNN telah banyak digunakan dalam klasifikasi citra, penelitian mengenai dampak ukuran kernel secara spesifik terhadap performa klasifikasi, khususnya dalam konteks citra hewan, masih terbatas [18], [19].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran kernel dalam arsitektur CNN terhadap akurasi klasifikasi gambar hewan. Tiga ukuran kernel yang umum digunakan, yaitu 3×3 , 5×5 , dan 7×7 , serta ukuran yang lebih besar, yaitu 9×9 , diuji untuk mengidentifikasi konfigurasi yang menghasilkan performa terbaik [20]. Setiap skenario diuji pada dataset gambar hewan dengan klasifikasi multi-kelas, menggunakan parameter pelatihan yang konsisten untuk memastikan bahwa perbedaan hasil hanya disebabkan oleh ukuran kernel.

Studi ini mengisi celah penting dalam literatur terkait perancangan arsitektur CNN, yang selama ini lebih banyak membahas aspek jumlah lapisan, jenis aktivasi, dan teknik regularisasi, namun belum banyak mengeksplorasi secara mendalam pengaruh ukuran kernel terhadap klasifikasi citra spesifik seperti hewan. Dengan pendekatan



eksperimental yang sistematis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris yang mendalam terkait hubungan antara ukuran kernel dan performa model dalam klasifikasi citra berbasis CNN.

Secara teoretis, hasil penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pengetahuan mengenai desain arsitektur CNN yang efisien dan optimal. Sementara itu, dari sisi praktis, temuan ini dapat dimanfaatkan oleh pengembang aplikasi klasifikasi citra untuk meningkatkan akurasi model, sekaligus mengurangi kompleksitas komputasi melalui pemilihan konfigurasi kernel yang sesuai dengan karakteristik data. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan panduan strategis dalam pemanfaatan CNN untuk klasifikasi citra dalam konteks nyata.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

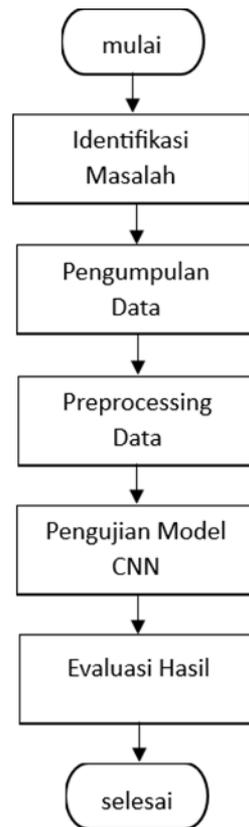
Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah Animal faces dari kaggle.com, yang terdiri dari 4.500 gambar dari 3 spesies hewan yaitu cat, dog dan wild. Gambar-gambar dalam dataset ini memiliki variasi dalam pencahayaan, latar belakang, dan posisi objek, sehingga dapat merepresentasikan kondisi dunia nyata dalam klasifikasi hewan. Dataset ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu training set 3000 gambar digunakan untuk melatih model dan validation set 1.500 dari total dataset, digunakan untuk tuning hyperparameter.



Gambar 1 Data Jenis Hewan

Tahapan Penelitian

Metode penelitian ini menjelaskan langkah-langkah dalam eksperimen yang dilakukan untuk menganalisis pengaruh ukuran kernel dalam CNN terhadap klasifikasi gambar hewan. Penelitian ini mencakup pemilihan dataset, preprocessing data, desain arsitektur model CNN, strategi eksperimen dengan berbagai ukuran kernel, serta parameter pelatihan yang digunakan.



Gambar 2 Tahapan Penelitian

Arsitektur Model CNN.

Model CNN yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu convolutional Layers tiga lapisan konvolusi digunakan dengan ukuran kernel yang bervariasi (3×3, 5×5, dan 7×7). Fungsi aktivasi ReLU digunakan untuk meningkatkan non-linearitas model. Pooling Layers lapisan max pooling (2×2) digunakan untuk mengurangi dimensi fitur. fully Connected Layers lapisan akhir terdiri dari Dense layer dengan Softmax activation, yang menghasilkan output berupa probabilitas kelas hewan.

Tabel 1 Struktur Model

Lapisan	Type	Ukuran kernel	Jumlah filter	Fungsi Aktivasi
1	Conv2D	3×3 / 5×5 / 7×7	16	ReLU
2	Conv2D	3×3 / 5×5 / 7×7	32	ReLU
3	MaxPooling2D	2×2	-	-
4	Conv2D	3×3 / 5×5 / 7×7	64	ReLU
5	MaxPooling2D	2×2	-	-
6	Flatten	-	-	-
7	Dense	-	128	ReLU
8	Dense	-	4.500 class	Softmax



Ekperimen Ukuran Kernel

Untuk memahami dampak ukuran kernel terhadap akurasi klasifikasi, tiga skenario eksperimen dilakukan dengan ukuran kernel yang berbeda:

- Eksperimen 1: Menggunakan kernel 3×3 pada semua lapisan konvolusi.
- Eksperimen 2: Menggunakan kernel 5×5 pada semua lapisan konvolusi.
- Eksperimen 3: Menggunakan kernel 7×7 pada semua lapisan konvolusi.
- Eksperimen 4: Menggunakan kernel 9×9 pada semua lapisan konvolusi.
- Setiap eksperimen dilakukan dengan parameter yang sama, kecuali ukuran kernel, untuk memastikan bahwa perubahan hasil hanya disebabkan oleh perbedaan ukuran kernel.

Parameter Pelatihan dan Evaluasi.

Model dilatih menggunakan framework TensorFlow/Keras dengan spesifikasi parameter Optimizer Adam, Learning rate: 0.001, Batch size 32, Epochs 50. Loss Function Categorical Cross-Entropy. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan metrik:

- Akurasi: Mengukur persentase prediksi yang benar.
- Precision: Mengukur ketepatan model dalam mengidentifikasi kelas tertentu.
- Recall: Mengukur kemampuan model dalam mendeteksi semua instance dari suatu kelas.
- F1-Score: Rata-rata harmonis dari precision dan recall untuk menyeimbangkan metrik tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil eksperimen yang diperoleh setelah melatih model CNN dengan berbagai ukuran kernel. Analisis dilakukan berdasarkan evaluasi akurasi, precision, recall, F1-score, serta aspek computational cost seperti waktu pelatihan dan jumlah parameter model.

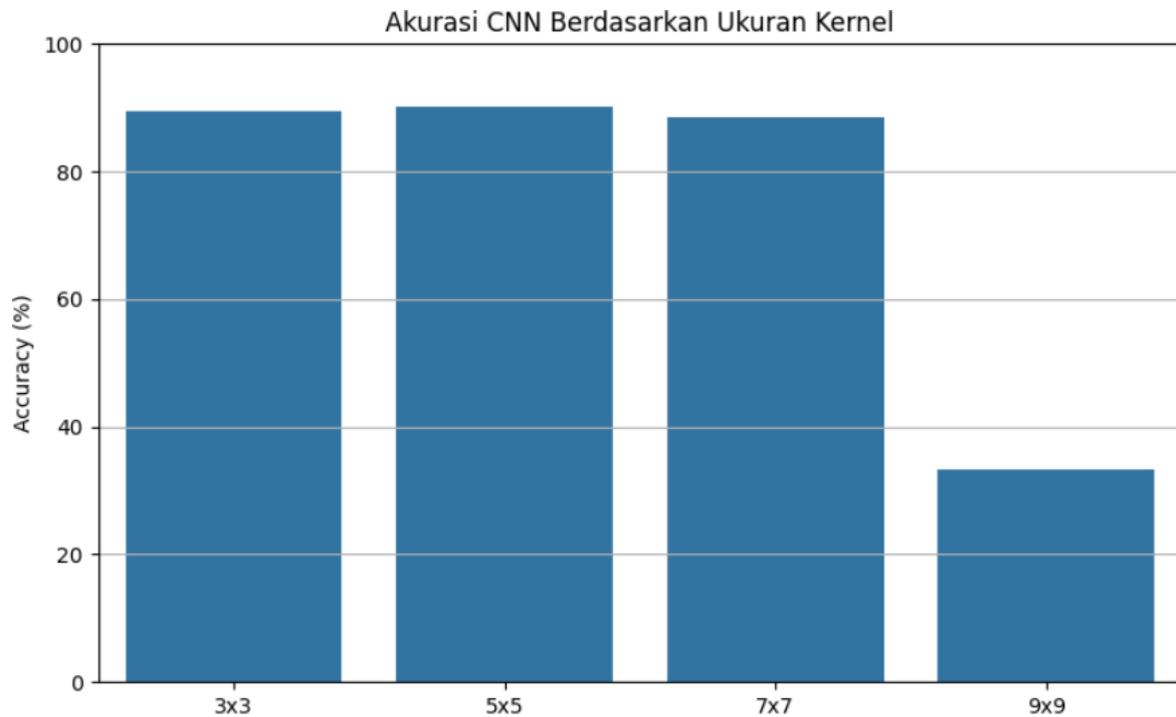
Hasil

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap performa Convolutional Neural Network (CNN) dalam mengklasifikasikan hewan berdasarkan perbedaan ukuran kernel yang digunakan pada layer konvolusi. Model CNN dievaluasi menggunakan metrik



akurasi, F1-score, serta confusion matrix untuk mengukur performa klasifikasi pada dataset yang digunakan.

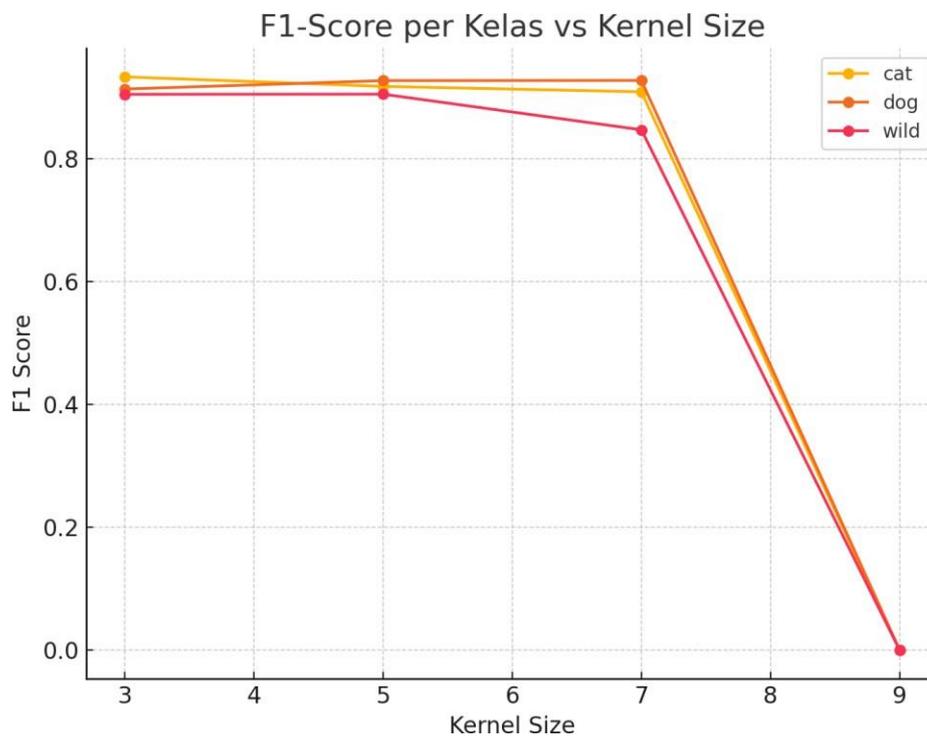
Akurasi Model.



Gambar 3 perbandingan akurasi

Gambar di atas menunjukkan perbandingan akurasi model Convolutional Neural Network (CNN) berdasarkan variasi ukuran kernel yang digunakan, yaitu 3x3, 5x5, 7x7, dan 9x9. Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa ukuran kernel 5x5 memberikan akurasi tertinggi, diikuti oleh kernel 3x3 dan 7x7 dengan nilai akurasi yang tidak jauh berbeda, yaitu sekitar 90.20%. Sementara itu, penggunaan kernel berukuran 9x9 menghasilkan akurasi yang jauh lebih rendah, hanya sekitar 33.00%. Penurunan signifikan pada kernel 9x9 kemungkinan disebabkan oleh area reseptif yang terlalu besar, sehingga detail lokal dari citra hewan menjadi kurang tertangkap dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran kernel yang terlalu besar tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik, bahkan dapat menurunkan performa model. Oleh karena itu, pemilihan ukuran kernel yang optimal menjadi salah satu faktor penting dalam perancangan arsitektur CNN agar mampu mengklasifikasikan citra secara lebih akurat.

Evaluasi F1-score.

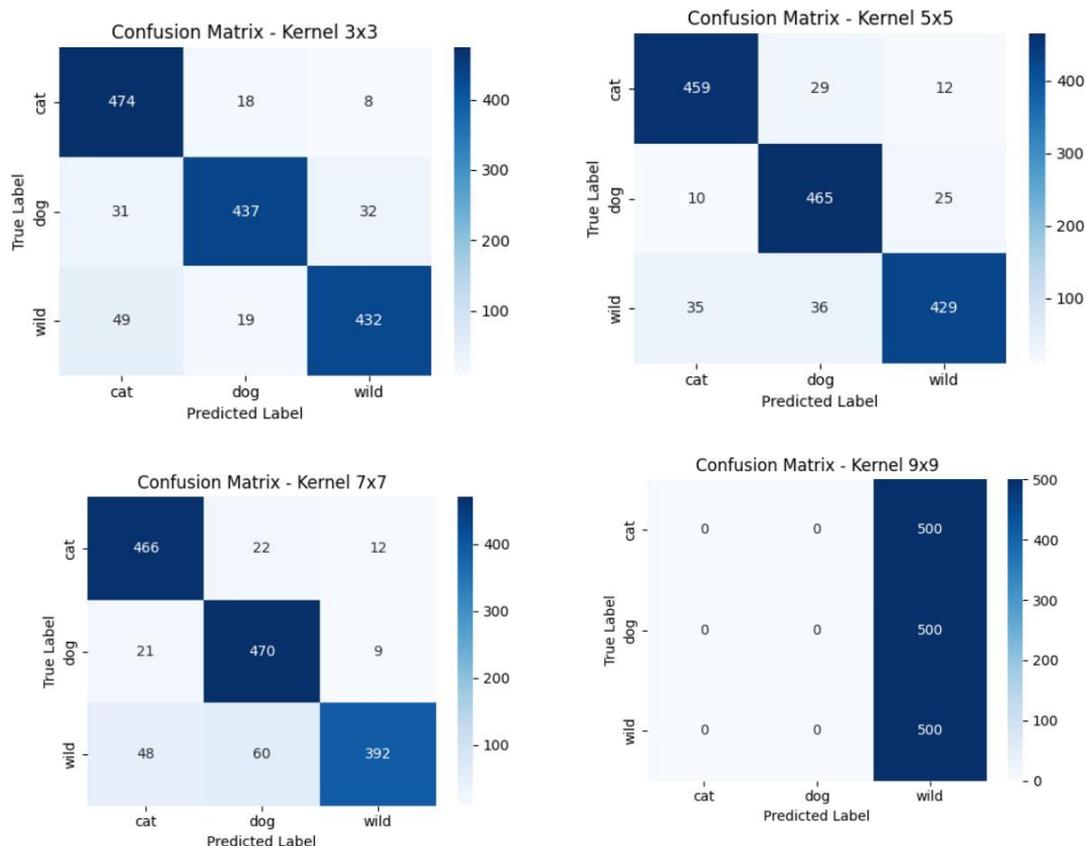


Gambar 4 F1 - Score

Dari grafik ini, dapat diamati bahwa F1-Score untuk ketiga kelas relatif stabil dan tinggi (sekitar 0.9) ketika ukuran kernel berada pada nilai 3, 5, dan 7. Kinerja tertinggi tampaknya berada pada ukuran kernel 5 dan 7 untuk kelas dog, yang sedikit lebih unggul dibandingkan dua kelas lainnya. Namun, terdapat penurunan drastis pada ukuran kernel 9, di mana F1-Score untuk semua kelas jatuh hingga mencapai 0.

Hal ini menunjukkan bahwa ukuran kernel yang terlalu besar dapat menurunkan performa model secara signifikan, kemungkinan karena kehilangan informasi detail penting dalam citra input. Secara keseluruhan, grafik ini mengindikasikan bahwa ukuran kernel yang optimal berada pada kisaran 3 hingga 7, dengan performa terbaik dicapai sekitar ukuran kernel 5 hingga 7. Pemilihan ukuran kernel yang tepat sangat krusial untuk menjaga keseimbangan akurasi klasifikasi antar kelas.

Confusion Matrix



Gambar 5 Confusion Matrix

Berdasarkan gambar confusion matrix pada masing-masing model CNN dengan variasi ukuran kernel, dapat dilihat bahwa model dengan kernel 5x5 menghasilkan performa terbaik. Model ini mampu mengklasifikasikan citra dengan sangat baik, dengan jumlah prediksi benar sebesar 459 untuk kelas cat, 465 untuk dog, dan 429 untuk wild. Jumlah kesalahan klasifikasi pun relatif kecil dan menyebar secara merata. Selanjutnya, model dengan kernel 3x3 menunjukkan performa yang hampir setara, dengan prediksi benar sebanyak 474 (cat), 437 (dog), dan 432 (wild). Meskipun terdapat sedikit peningkatan jumlah kesalahan klasifikasi pada kelas dog dan wild, namun akurasi secara umum tetap tinggi. Model dengan kernel 7x7 menunjukkan hasil yang masih cukup baik, namun terjadi penurunan akurasi terutama pada kelas wild, yang hanya diprediksi benar sebanyak 392 data.

Terdapat kesalahan klasifikasi yang cukup signifikan pada kelas ini, di mana 60 citra wild diprediksi sebagai dog. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran kernel yang lebih besar mulai kehilangan kemampuan dalam menangkap fitur lokal secara efisien. Sementara itu, model dengan kernel 9x9 menunjukkan performa yang paling rendah

secara signifikan. Semua citra dari ketiga kelas (cat, dog, dan wild) diprediksi sebagai kelas wild, masing-masing sebanyak 500 data. Hal ini menunjukkan bahwa model mengalami over-generalization, di mana fitur yang ditangkap terlalu luas sehingga kehilangan kemampuan untuk membedakan antar kelas. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ukuran kernel yang terlalu besar justru berdampak negatif terhadap akurasi dan kemampuan klasifikasi model CNN.

Pembahasan

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap model Convolutional Neural Network (CNN) dengan variasi ukuran kernel 3x3, 5x5, 7x7, dan 9x9, ditemukan bahwa ukuran kernel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa klasifikasi citra hewan. Kernel berukuran 5x5 menunjukkan performa terbaik dengan akurasi tertinggi di antara seluruh konfigurasi, diikuti oleh kernel 3x3 dan 7x7 yang memiliki akurasi serupa, yakni sekitar 90.20%. Sebaliknya, penggunaan kernel 9x9 menghasilkan penurunan akurasi yang sangat tajam hingga hanya mencapai 33.00%. Penurunan performa pada kernel 9x9 diduga disebabkan oleh area reseptif yang terlalu luas, sehingga mengurangi kemampuan model dalam menangkap detail lokal pada citra. Detail-detail penting yang bersifat lokal, seperti pola tekstur atau bentuk khas dari masing-masing kelas (cat, dog, wild), menjadi kurang terdeteksi, menyebabkan model mengalami kesulitan dalam membedakan kelas secara akurat. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan kernel yang terlalu besar dapat menyebabkan over-generalization, di mana fitur yang ditangkap menjadi terlalu umum dan kehilangan spesifisitas yang dibutuhkan untuk klasifikasi yang tepat. Temuan ini diperkuat oleh analisis confusion matrix.

Model dengan kernel 5x5 mampu mengklasifikasikan citra dengan sangat baik, ditunjukkan oleh jumlah prediksi benar yang tinggi pada ketiga kelas: 459 (cat), 465 (dog), dan 429 (wild). Jumlah kesalahan klasifikasi juga relatif kecil dan menyebar secara merata. Sementara itu, model dengan kernel 3x3 masih mempertahankan performa tinggi, meskipun terdapat sedikit peningkatan kesalahan klasifikasi, khususnya pada kelas dog dan wild. Model dengan kernel 7x7 mengalami penurunan akurasi yang cukup signifikan pada kelas wild, dengan 60 citra wild yang keliru diprediksi sebagai dog. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan model dalam mengenali fitur lokal mulai menurun seiring bertambahnya ukuran kernel. Model dengan kernel 9x9 menunjukkan



hasil yang paling buruk, di mana seluruh citra dari ketiga kelas justru diprediksi sebagai kelas wild. Hal ini menunjukkan bahwa model mengalami bias yang sangat tinggi dan kehilangan kapabilitas untuk membedakan antar kelas secara efektif. Kondisi ini mencerminkan kegagalan model dalam proses pembelajaran representasi fitur, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kombinasi area reseptif yang terlalu besar dan kurangnya fokus pada detail lokal.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan pentingnya pemilihan ukuran kernel yang tepat dalam perancangan arsitektur CNN. Ukuran kernel yang terlalu kecil mungkin kurang mampu menangkap konteks global, sementara ukuran yang terlalu besar dapat mengaburkan informasi lokal yang esensial. Oleh karena itu, ukuran kernel 5x5 terbukti menjadi konfigurasi yang paling seimbang dalam menangkap informasi lokal maupun global pada citra, sehingga memberikan hasil klasifikasi yang optimal.

Tabel 2 Perbandingan kernel

Kernel size	Akurasi	F1-cat	F1-dog	F1-wild
3 x 3	0.90%	0.90%	0.90%	0.89%
5 x 5	0.90%	0.91%	0.90%	0.89%
7 x 7	0.89%	0.90%	0.89%	0.86%
9 x 9	0.33%	0.00%	0.00%	0.50%

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi ukuran kernel pada arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa klasifikasi citra hewan. Ukuran kernel 5x5 memberikan hasil terbaik dengan akurasi tertinggi dan distribusi prediksi yang paling seimbang antar kelas, menunjukkan kemampuannya dalam menangkap fitur lokal dan global secara optimal. Kernel berukuran 3x3 dan 7x7 masih menunjukkan performa yang baik, meskipun dengan sedikit peningkatan kesalahan klasifikasi pada beberapa kelas. Sebaliknya, kernel 9x9 menghasilkan performa yang paling rendah, dengan akurasi yang drastis menurun dan kecenderungan model untuk melakukan over-generalization. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemilihan ukuran kernel yang terlalu besar dapat menghambat efektivitas model dalam mengenali dan membedakan fitur penting pada citra.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. H. Abdullah, R. Magdalena, and R. Y. N. Fu'adah, "Klasifikasi Diabetic Retinopathy Berbasis Pengolahan Citra Fundus Dan Deep Learning," *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 84–90, 2022, doi: 10.31289/jesce.v5i2.5659.



- [2] Y. Xu *et al.*, "Cross-Modal Fusion Convolutional Neural Networks With Online Soft-Label Training Strategy for Mechanical Fault Diagnosis," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 20, no. 1, pp. 73–84, 2024, doi: 10.1109/TII.2023.3256400.
- [3] W. R. PERDANI, R. MAGDALENA, and N. K. CAECAR PRATIWI, *Deep Learning untuk Klasifikasi Glaukoma dengan menggunakan Arsitektur EfficientNet*, vol. 10, no. 2. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 2022. doi: 10.26760/elkomika.v10i2.322.
- [4] S. Dewi, F. Ramadhani, and S. Djasmayena, "Klasifikasi Jenis Jerawat Berdasarkan Gambar Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 68–73, 2024, doi: 10.56211/helloworld.v3i2.518.
- [5] Afis Julianto, Andi Sunyoto, and Ferry Wahyu Wibowo, "Optimasi Hyperparameter Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Penyakit Tanaman Padi," *Tek. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 3, no. 2, pp. 98–105, 2022, doi: 10.46764/teknimedia.v3i2.77.
- [6] M. A. Djohar *et al.*, "Segmentasi Citra Hati Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dengan Arsitektur U-Net," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 221–234, 2022.
- [7] N. Mamuriyah and J. Sumantri, "Penerapan Metode Convolution Neural Network (CNN) Pada Aplikasi Automatic Lip Reading," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 276–287, 2022, doi: 10.31289/jite.v6i1.7523.
- [8] F. N. Cahya, N. Hardi, D. Riana, and others, "Klasifikasi penyakit mata menggunakan convolutional neural network (CNN)," *SISTEMASI*, vol. 10, no. 3, pp. 618–626, 2021.
- [9] R. C. Sigitta, R. H. Saputra, and F. Fathulloh, "Deteksi penyakit tomat melalui citra daun menggunakan metode Convolutional Neural Network," *Aviat. Electron. Inf. Technol. Telecommun. Electr. Control*, vol. 5, no. 1, pp. 43–51, 2023.
- [10] D. A. Nurlitasari, R. Magdalena, and R. Y. N. Fu'adah, "Analisis Performansi Sistem Klasifikasi Kanker Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 91–99, 2022, doi: 10.31289/jesce.v5i2.5691.
- [11] S. Rahman, M. Ramli, F. Arnia, A. Sembiring, and R. Muharar, "Convolutional Neural Network Customization for Parking Occupancy Detection," in *Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICELTICs50595.2020.9315509.
- [12] M. A. Djohar *et al.*, "Segmentasi Citra Hati Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dengan Arsitektur U-Net," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 221–234, 2022.
- [13] J. P. HUTABARAT, "PENGENALAN AKTIVITAS MANUSIA MENGGUNAKAN PERANGKAT WEARABLE DAN DEEP LEARNING," 2024.
- [14] A. Stiawan, "IMPLEMENTASI MODEL PRE-TRAINED PADA CNN BERDASARKAN MULTI INPUT PARAMETER UNTUK IDENTIFIKASI JENIS KOPI BERBASIS GUI," Universitas Jambi, 2024.
- [15] 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.
- [16] S. Adiningsi and R. A. Saputra, "IDENTIFIKASI JENIS DAUN TANAMAN OBAT MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DENGAN MODEL VGG16," pp. 451–460, 2020.
- [17] A. M. Rizki and N. Marina, "Klasifikasi Kerusakan Bangunan Sekolah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dengan Pre-Trained Model Vgg-16," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 24, no. 3, pp. 197–206, 2019, doi: 10.35760/tr.2019.v24i3.2396.
- [18] B. Setiyono *et al.*, "Identifikasi Tanaman Obat Indonesia Melalui Citra Daun Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 385–392, 2023, doi: 10.25126/jtiik.20231026809.
- [19] A. H. Suherman, N. Ibrahim, H. Syahrin, V. P. Rahadi, and M. K. Prayoga, "Klasifikasi Daun Teh Gambung Varietas Assamica Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Lenet-5," *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 63–71, 2021, doi: 10.31289/jesce.v4i2.4136.
- [20] N. U. R. Ibrahim *et al.*, "Klasifikasi tingkat kematangan pucuk daun teh menggunakan metode convolutional neural network," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. & Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 1, p. 162, 2022.

