

Web Pembelajaran Interaktif Klasifikasi Hewan Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)

Interactive Learning Web For Animal Classification Using Convolutional Neural Network (CNN)

Muhamad Priya Nur Alfatih¹, Muhamad Junenda², Tri Wahyu Widyaningsih^{*3}, Fauziah⁴

^{1,2,3}Informatics Engineering, Tanri Abeng University

⁴Informatika, Universitas Nasional

E-mail: ¹muh.priya@student.tau.ac.id, ²muh.junenda@student.tau.ac.id,

^{3*}tri.widyaningsih@tau.ac.id, fauziah@civitas.unas.ac.id

***Corresponding author**

Abstrak

Aplikasi web interaktif untuk pembelajaran anak usia dini tentang pengenalan hewan merupakan alat edukatif yang penting, dirancang untuk membantu anak-anak mengenali berbagai jenis hewan melalui gambar dan deskripsi hewan yang disediakan. Model Convolutional Neural Network (CNN) digunakan untuk mengklasifikasikan gambar hewan yang diunggah oleh pengguna. Metode yang digunakan melibatkan pengolahan gambar menggunakan CNN untuk mengidentifikasi jenis hewan berdasarkan gambar yang diberikan, kemudian hasil identifikasi ditampilkan dalam antarmuka web yang interaktif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN mencapai akurasi sebesar 59.93% dan presisi sebesar 59.92%. Namun, model mengalami masalah overfitting, yang terlihat dari performa yang lebih tinggi pada data pelatihan dibandingkan dengan data validasi, menunjukkan bahwa model terlalu mempelajari detail dan noise pada data pelatihan sehingga kurang mampu menggeneralisasi pola pada data baru. Oleh karena itu, diperlukan optimasi lebih lanjut seperti augmentasi data, regulasi model dan peningkatan jumlah data pelatihan untuk meningkatkan performa model dan mengurangi efek overfitting. Pengujian akurasi pengenalan gambar hewan pada aplikasi web ini dilakukan menggunakan dataset gambar hewan yang baru sebanyak 10 data gambar untuk masing-masing kelas, dengan nilai akurasi rata-rata untuk semua kelas hewan sebesar 54.67%. Dari 15 kelas hewan, nilai akurasi tertinggi diperoleh oleh kelas Zebra dengan nilai akurasi 90%, sedangkan kelas hewan Laba-Laba dan Kucing menjadi kelas hewan dengan nilai akurasi terendah sebesar 20%.

Kata kunci: Convolutional Neural Network (CNN), Aplikasi web interaktif, Pengenalan hewan, Klasifikasi gambar.

Abstract

The text describes an interactive web application for early childhood animal recognition education. The application is designed to help children identify various animals through pictures and descriptions provided. A Convolutional Neural Network (CNN) model is used to classify the uploaded animal images. The method involves image processing using CNN to identify the type of animal based on the provided image, and then the identification results are displayed in an interactive web interface. Test results show that the CNN model achieves an accuracy of 59.93% and a precision of 59.92%. However, the model experiences overfitting issues, as indicated by the higher performance on the training data compared to the validation data, showing that the model learns too many details and noise in the training data, thus it is less able to generalize patterns in new data. Therefore, further optimization is needed, such as data augmentation, model regularization, and increasing the amount of training data to improve the model's performance and reduce the effects of overfitting. The accuracy testing of animal image recognition in this web application was conducted using a new set of 10 animal images for each class, with an average accuracy value for all animal classes of 54.67%. Out of the 15 animal classes, the highest

accuracy value was obtained by the Zebra class with an accuracy of 90%, while the Spider and Cat classes had the lowest accuracy of 20%.

Keywords: Convolutional Neural Network (CNN), Interactive Web Application, Animal Recognition, Image Classification

1. PENDAHULUAN

Di era digital ini, pemanfaatan teknologi dalam dunia pendidikan menjadi semakin maju, termasuk pendidikan anak usia dini. Salah satu aplikasinya adalah dalam pengenalan hewan. Berbeda dengan metode tradisional yang menggunakan buku bergambar atau video, identifikasi hewan berbasis web dapat mengembangkan bagi anak usia dini. Pendidikan Anak Usia Dini adalah suatu usaha pembinaan yang diperuntukkan kepada anak sejak lahir sampai dengan usia enam tahun yang dilakukan melalui rangsangan pendidikan untuk meningkatkan jasmani dan rohani agar anak siap untuk memasuki pendidikan lebih lanjut [1]. Pada fase membaca untuk anak usia dini, anak membutuhkan berbagai rangsangan untuk membaca dan mengeja, seperti mengenal huruf-huruf abjad, berbagai gambar yang menarik untuk menggiatkan anak mengenal simbol-simbol dan lain sebagainya. misalnya, hal-hal yang biasa sering di temui salah satunya hewan yang berada di sekitar[2]. Misalnya, menampilkan gambar-gambar hewan seperti kucing, anjing, burung dan lain-lain bisa menjadi alat bantu yang sangat baik.

Dengan mengenalkan jenis-jenis hewan, anak dapat lebih mudah mengingat dan mengenali nama dan bentuk hewan tersebut. Selain itu, aktivitas interaktif seperti memperlihatkan gambar dan mengucapkan nama hewannya juga bisa meningkatkan kemampuan anak dalam mengeja. Oleh karena itu, diperlukan alat pembelajaran interaktif pengenalan hewan yang bertujuan untuk mengenalkan hewan untuk pendidikan anak usia dini[3]. Pengenalan hewan berbasis web dapat menjadi media yang efektif untuk mendukung perkembangan fisik dan motorik anak usia dini. Hal ini dikarenakan aktivitas bermain yang terintegrasi dalam web tersebut memungkinkan anak untuk bergerak dan beraktivitas secara bebas, menirukan gerakan hewan yang mereka pelajari[4].

Deteksi objek merupakan proses mengenali sejumlah objek yang relevan dalam sebuah gambar serta memberikan informasi mengenai lokasi objek-objek tersebut dalam gambar tersebut[5]. Convolutional Neural Networks (CNN) adalah salah satu jenis jaringan saraf yang digunakan dalam deep learning. CNN bekerja memanfaatkan kernel. Kernel tersebut akan mengekstraksi fitur dari input melalui operasi konvolusi[6].

Jaringan saraf konvolusional dalam Deep Convolutional Neural Networks (CNN) telah mengubah secara fundamental pendekatan yang digunakan dalam klasifikasi gambar[7]. Teknologi ini telah membawa dampak besar dalam bidang visi komputer, menjadikan pengenalan pola yang lebih akurat dan efisien dibandingkan metode tradisional. Dengan demikian, kombinasi antara bermain dan identifikasi hewan berbasis web dapat memberikan pengalaman belajar yang holistik dan optimal bagi anak usia dini. Permainan ini tidak hanya menunjang perkembangan fisik dan motorik, tetapi juga merangsang kemampuan kognitif dan sosial emosional mereka

Dengan demikian, kombinasi antara bermain dan identifikasi hewan berbasis web dapat memberikan pengalaman belajar yang holistik dan optimal bagi anak usia dini. Permainan ini tidak hanya menunjang perkembangan fisik dan motorik, tetapi juga merangsang kemampuan kognitif dan sosial emosional mereka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

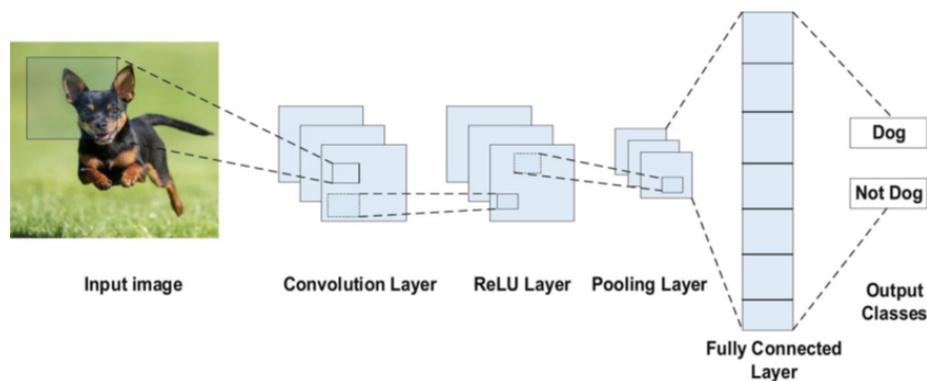
2.1 Teknologi Web untuk Edukasi

Penggunaan aplikasi web dalam bidang pendidikan semakin populer karena aksesibilitas dan fleksibilitasnya. Aplikasi web memungkinkan pengguna untuk mengakses konten edukatif dari mana saja dan kapan saja dengan menggunakan perangkat yang terhubung ke internet.

Teknologi web modern memungkinkan pengembangan aplikasi yang interaktif dan responsif, yang dapat meningkatkan pengalaman belajar pengguna[8]. Dalam konteks edukasi pengenalan hewan, aplikasi web dapat menyediakan antarmuka yang user-friendly untuk membantu pengguna belajar tentang berbagai jenis hewan melalui gambar, suara dan informasi teks.

2.2 Convolutional Neural Networks (CNN)

CNN adalah jenis arsitektur deep learning yang dirancang untuk pemrosesan data grid, seperti gambar. CNN terdiri dari beberapa lapisan yang mencakup lapisan konvolusi, lapisan pooling dan lapisan fully connected[9]. Penelitian menunjukkan bahwa CNN sangat efektif untuk tugas-tugas klasifikasi citra karena kemampuannya untuk menangkap fitur spasial dan hierarki dalam gambar.



Gambar 1 Contoh Arsitektur CNN pada Klasifikasi Gambar

CNN telah mengalami kemajuan besar dan menjadi salah satu model yang paling tepat dalam bidang pembelajaran mendalam, terutama dalam hal visi komputer. Kemajuan ini memungkinkan hal-hal yang sebelumnya dianggap tidak mungkin dalam beberapa abad terakhir[10].

2.3 Aplikasi CNN (Convolutional Neural Networks)

CNN telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk medis, keamanan dan hiburan. Misalnya, dalam bidang keamanan, CNN digunakan untuk pengenalan wajah dan deteksi objek dalam sistem pengawasan[11]. Dalam konteks edukasi, CNN telah diterapkan dalam pengembangan aplikasi pembelajaran yang dapat mengenali tulisan tangan, mengidentifikasi spesies tanaman[12] dan mendeteksi jenis-jenis hewan. Studi-studi ini menunjukkan potensi besar CNN dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi proses pengenalan gambar.

2.4 Penerapan CNN dalam Pengenalan Hewan

Penelitian terkait pengenalan hewan menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, namun beberapa kelemahan masih perlu diperhatikan. Penelitian oleh Rahmat Gunawan dkk. yang berjudul "Klasifikasi Jenis Ras Kucing Dengan Gambar Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)" berhasil mencapai akurasi 77.62% dalam mengklasifikasikan 5 jenis ras kucing dari 1500 gambar. Meskipun demikian, ukuran dataset yang digunakan relatif kecil dan cakupan jenis ras kucing terbatas, yang dapat membatasi kemampuan model untuk diaplikasikan secara umum[13].

Penelitian oleh N. Mahonar dkk. menggunakan kombinasi CNN dengan Support Vector Machine (SVM) untuk klasifikasi hewan dan mencapai hasil yang baik. Namun, pendekatan ini mungkin memiliki kompleksitas komputasi yang lebih tinggi karena melibatkan dua tahap pemrosesan: ekstraksi fitur dengan CNN dan klasifikasi dengan SVM. Hal ini bisa menjadi

kendala dalam penerapan real-time. Selain itu, dataset yang digunakan relatif kecil dengan hanya 5000 gambar, sehingga kemungkinan model ini belum diuji secara luas pada dataset yang lebih besar dan lebih beragam[14]. Penelitian Kimly Y dkk. yang berfokus pada klasifikasi kucing dan anjing menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) Para peneliti melatih model menggunakan dataset Kaggle Dogs vs. Cats menunjukkan akurasi yang tinggi, yaitu mencapai sebesar 96%. Meskipun menunjukkan potensi yang baik, studi ini terbatas pada dua spesies saja, sehingga kurang bisa diterapkan untuk klasifikasi hewan yang lebih luas dan beragam[15].

Penelitian ini tentang web pembelajaran interaktif klasifikasi hewan menggunakan CNN menawarkan kelebihan dalam hal skalabilitas dan fleksibilitas. Dengan memanfaatkan platform web, penelitian ini memungkinkan akses lebih luas dan interaktif bagi pengguna, serta mampu menangani dataset yang lebih besar dan beragam. Selain itu, penelitian ini tidak hanya fokus pada akurasi model, tetapi juga pada aspek pembelajaran dan interaksi pengguna, sehingga lebih aplikatif untuk tujuan edukasi pembelajaran pada anak usia dini.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2 Tahapan Penelitian

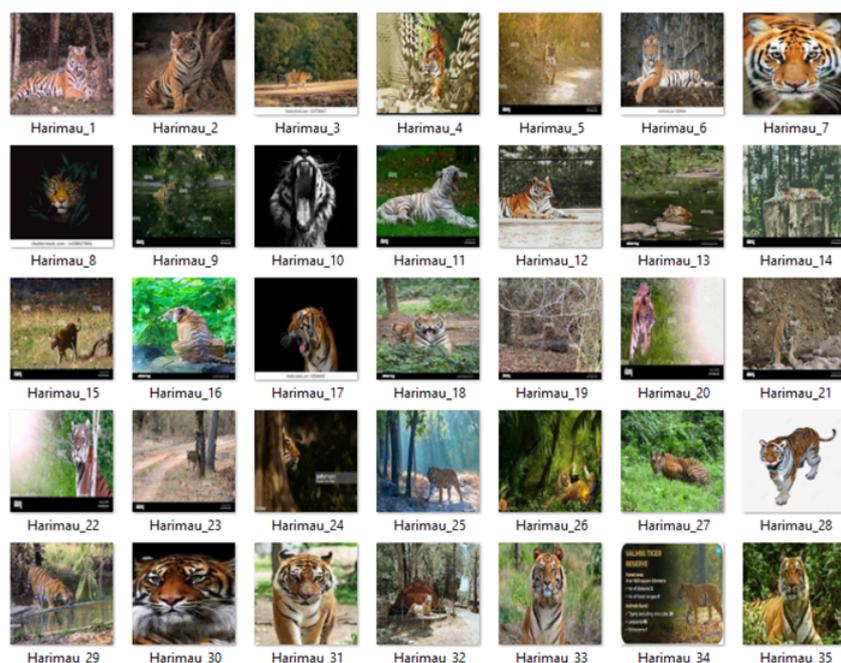
3.1 Analisis Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah kumpulan gambar beberapa hewan yang ada di alam. Sebanyak 15 jenis hewan di pilih sebagai objek penelitian. Masing-masing hewan memiliki 1.000 gambar dataset sehingga total dataset yang digunakan sebanyak 15.000 gambar. Dataset diambil dari sumber terbuka yaitu Kaggle dan dataset hewan lainnya yang tersedia secara online. Gambar dalam dataset diberikan label berupa nama-nama hewan sebagai klasifikasi dari masing-masing gambar hewan yaitu: Anjing, Gajah, Gorila, Harimau, Kadal, Kucing, Kuda Nil, Kumbang, Kupu-Kupu, Laba-Laba, Monyet, Panda, Sapi, Tikus dan Zebra

3.2 Pra-pemrosesan Data

Dataset yang unduh memiliki beberapa ekstensi jenis gambar yang berbeda yaitu .jpeg .jpg .png. Seluruh gambar dikonversi menjadi jenis gambar .png untuk menyeragamkan dataset, termasuk me-resize seluruh gambar pada resolusi 256x256 pixel.

Setelah itu dataset dibagi menjadi 2 bagian dataset 90% (900) gambar dari masing-masing kelas atau sebanyak 13.500 gambar dari 15 kelas nama hewan digunakan sebagai dataset pelatihan dan 10% (100) gambar dari masing-masing kelas atau sebanyak 1.500 gambar digunakan sebagai dataset validasi. Kemudian 150 gambar baru yang tidak termasuk dataset pelatihan dan validasi atau 10 gambar dari masing-masing kelas digunakan sebagai dataset testing untuk mengukur akurasi aplikasi web yang telah dikembangkan.



Gambar 3 Contoh dataset hewan Harimau

3.3 Arsitektur CNN

Model konvolusi yang digunakan adalah sebuah model sekuensial yang terdiri dari beberapa lapisan dengan menggunakan Adam Optimizer (Adaptive Moment Estimation)[16] sebagai optimasinya. Arsitektur model ini dirancang untuk memproses gambar input dan mengklasifikasikannya ke dalam salah satu dari 15 kelas yang ditentukan.

Kombinasi lapisan konvolusi, pooling dan normalisasi batch berfungsi untuk mengekstraksi fitur yang relevan dari gambar, sementara lapisan dropout membantu mencegah overfitting. Lapisan dense terakhir menggunakan fungsi aktivasi softmax untuk menghasilkan probabilitas prediksi kelas.

Berikut detail arsitektur model yang digunakan:

1. Lapisan Konvolusi Pertama
 - Lapisan konvolusi pertama memiliki 16 filter dengan ukuran kernel 3x3 dan fungsi aktivasi ReLU. Lapisan ini menerima input dengan dimensi (64, 64, 3), yang berarti gambar input berukuran 64x64 piksel dengan 3 channel warna (RGB).
 - Normalisasi batch digunakan setelah lapisan konvolusi untuk menstabilkan dan mempercepat pelatihan.
 - Lapisan pooling dengan ukuran 2x2 dan padding "same" digunakan untuk mengurangi dimensi spasial dari fitur yang diekstraksi oleh lapisan konvolusi.
2. Lapisan Konvolusi Kedua
 - Lapisan konvolusi ketiga memiliki 32 filter dengan ukuran kernel 3x3 dan fungsi aktivasi ReLU
 - Normalisasi batch digunakan setelah lapisan konvolusi
 - Lapisan pooling dengan ukuran 2x2 dan padding "same" digunakan untuk mengurangi dimensi spasial dari fitur
3. Lapisan Konvolusi Ketiga
 - Lapisan konvolusi keempat memiliki 64 filter dengan ukuran kernel 3x3 dan fungsi aktivasi ReLU.
 - Normalisasi batch digunakan setelah lapisan konvolusi.
4. Dropout

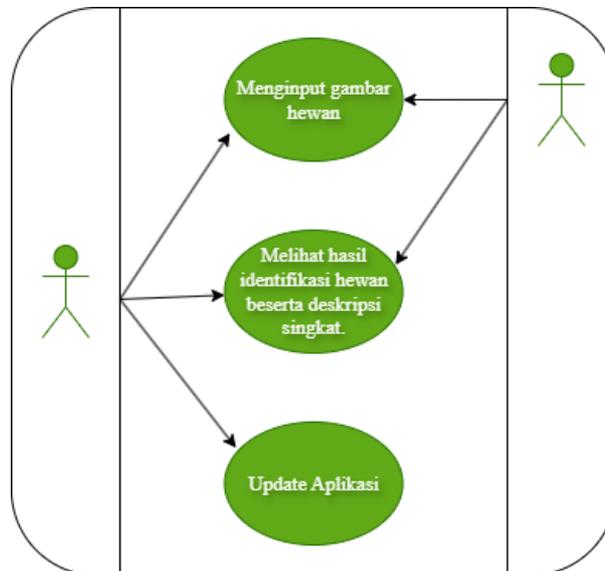
Dropout dengan tingkat 0.3 (30%) digunakan untuk mencegah overfitting yaitu dengan secara acak mengatur sebagian unit ke nol (dropped out) dengan probabilitas nilai tersebut selama pelatihan.

5. Lapisan Flatten
Lapisan ini meratakan input menjadi vektor satu dimensi yang akan diumpungkan ke lapisan dense.
6. Lapisan Dense
Lapisan dense terakhir memiliki 15 neuron dengan fungsi aktivasi softmax, yang menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas dalam tugas klasifikasi.

3.4 Pengembangan Aplikasi Web

1. Perancangan Use Case Diagram

Secara umum, diagram use case merupakan representasi fungsional dari sebuah sistem yang dibuat untuk memberikan pemahaman kepada pengguna mengenai kegunaan dari sistem yang akan dibangun. Diagram use case dalam perancangan aplikasi ini adalah sebagai berikut:



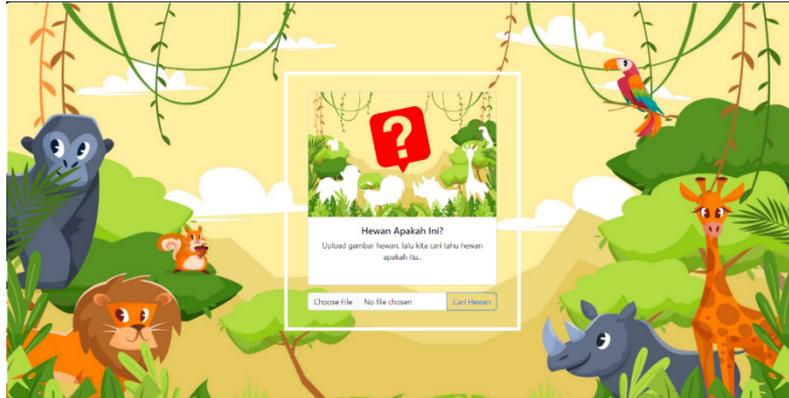
Gambar 4 Use Case Diagram

2. Pengembangan Aplikasi Web

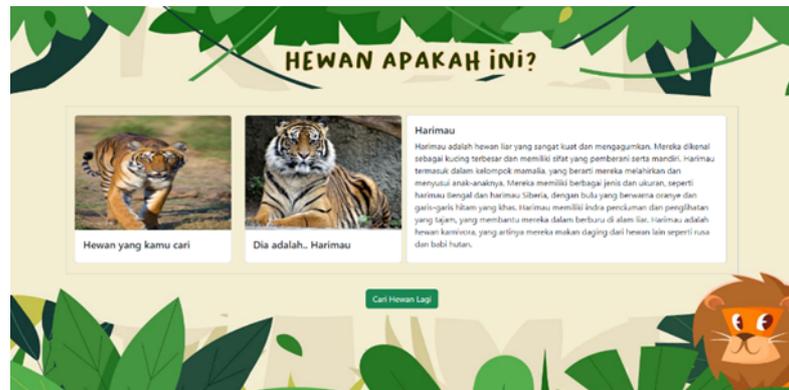
- Perancangan Antarmuka

Menu utama atau pada halaman Home terdapat 2 elemen fungsi, yang pertama elemen Choose File berfungsi penentu alamat atau lokasi file gambar hewan yang akan dicari atau dikenali sebagai hewan tertentu. Kemudian elemen Cari Hewan berfungsi sebagai tombol eksekusi untuk aplikasi menjalankan sistem pencarian hewan berdasarkan gambar yang sudah di input pada elemen Choose File (gambar 5).

Halaman hasil prediksi memuat 3 elemen fungsi, yang pertama adalah elemen frame yang menampilkan gambar dari hewan yang di upload pada menu utama atau hewan yang sedang dicari nama kelas hewannya, elemen kedua adalah elemen frame gambar yang menampilkan hewan yang telah diprediksi oleh sistem dan elemen ketiga adalah elemen teks yang menampilkan deskripsi singkat mengenai hewan yang telah diprediksi oleh sistem (gambar 6).

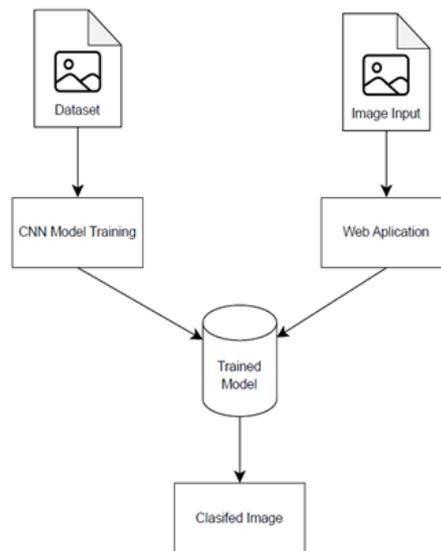


Gambar 5 Tampilan Menu Utama Aplikasi



Gambar 6 Tampilan Menu Hasil Prediksi

- Integrasi Model CNN
Model CNN yang telah dilatih di-deploy ke server backend menggunakan framework Flask.



Gambar 7 Alur Sistem

3.5 Pengujian dan Evaluasi

- Pengujian Aplikasi
Pengujian aplikasi dilakukan dengan metode BlackBox yaitu pengujian yang dilakukan

untuk mengamati hasil input dan output dari perangkat lunak tanpa mengetahui struktur kode dari perangkat lunak. Tabel 1. menyajikan hasil pengujian.

Tabel 1 Hasil Pengujian Aplikasi

No	Aktivitas Pengujian	Realisasi yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Input "localhost:5000" pada URL browser	Menampilkan halaman utama	Menampilkan menu utama	Berhasil
2	Klik menu "Choose File"	Membuka jendela pencarian file	Menampilkan jendela pencarian file	Berhasil
3	Klik tombol "Cari Hewan"	Berpindah ke halaman hasil prediksi	Menampilkan halaman prediksi	Berhasil
4	Klik tombol "Cari Hewan Lagi"	Kembali ke halaman utama	Menampilkan menu utama	Berhasil

- Evaluasi Model

Model akan dievaluasi menggunakan metrik akurasi dan presisi. Akurasi adalah proporsi prediksi yang benar (Benar Positif dan Benar Negatif) dari semua prediksi yang dibuat oleh model. Akurasi dapat dinotasikan sebagai berikut dengan hasil perhitungan diantara rentang nilai 0 sampai dengan 1[17]. Untuk menyatakan nilai dalam satuan persen, hasil akurasi dikalikan dengan 100.

$$\text{Akurasi} = \frac{BP+BN}{BP+BN+SP+SN} \in [0,1] \quad (2)$$

$$\text{Akurasi Persen} = \text{Akurasi} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

BP = Benar Positif SP = Salah Positif
 BN = Benar Negatif SN = Salah Negatif

Presisi digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengidentifikasi dengan benar pada sampel yang diprediksi sebagai positif dari semua sampel yang diprediksi positif. Presisi dapat dinotasikan sebagai berikut dengan hasil perhitungan diantara rentang nilai 0 sampai dengan 1[17]. Untuk menyatakan nilai dalam satuan persen, hasil presisi dikalikan dengan 100.

$$\text{Akurasi} = \frac{BP}{BP+SP} \in [0,1] \quad (4)$$

$$\text{Presisi Persen} = \text{Presisi} \times 100 \quad (5)$$

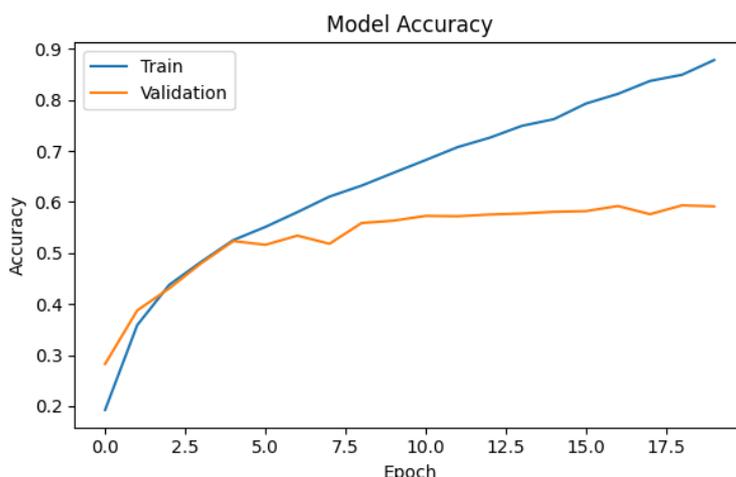
Keterangan:

BP = Benar Positif
 SP = Salah Positif

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akurasi Pelatihan Model

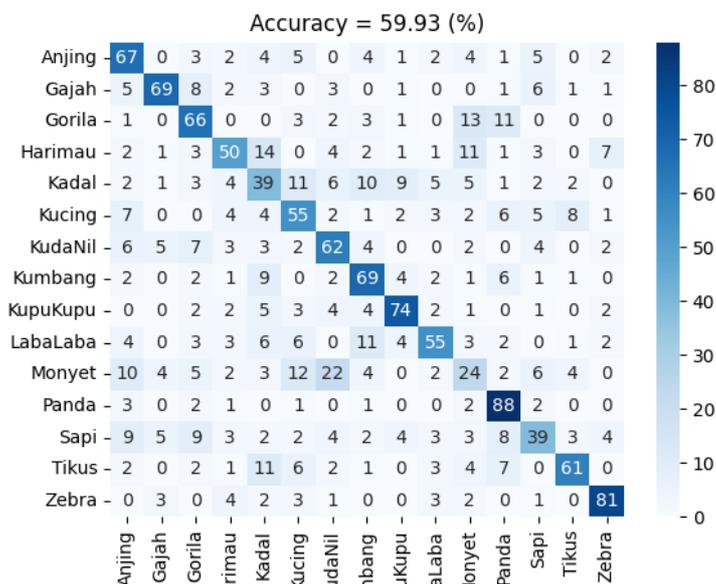
Hasil pelatihan 13.500 gambar pada model CNN yang dibangun masih mengalami tantangan dengan nilai akurasi 59.93% dan presisi 59.92%. Model CNN yang dibangun mengalami kondisi overfit[18] dimana grafik yang ditampilkan pada gambar 8 menunjukkan kenaikan progres yang tidak seimbang antara akurasi pembelajaran (garis berwarna biru) dengan akurasi validasi (garis berwarna orange).



Gambar 8 Grafik progres pembelajaran CNN

Pada akurasi pembelajaran model mampu meningkatkan nilai akurasi pada setiap iterasi pembelajaran sedangkan pada akurasi validasi data, model tidak menunjukkan kenaikan akurasi yang signifikan sejak iterasi ke 270 dimana akurasi validasi cenderung bertahan pada akurasi sekitar 50% hingga akhir iterasi.

Gambar 9 menampilkan Confusion Matrix hasil pelatihan model dengan 15 kelas hewan. Akurasi tertinggi didapatkan oleh kelas hewan Panda dengan akurasi 88% dan presisi 65.67%, sedangkan kelas hewan terendah adalah Monyet dengan akurasi 24% dan presisi 31.17%.



Gambar 9 Confusion Matrix CNN 15 Hewan

4.2 Akurasi Pengenalan Aplikasi

Pengujian akurasi pengenalan gambar hewan pada aplikasi web yang telah di bangun menggunakan dataset gambar hewan yang baru sebanyak 10 data gambar untuk masing-masing kelas.

Nilai akurasi rata-rata semua kelas hewan sebesar 54.67% dengan presisi 55.82%. Hasil akurasi masing-masing kelas disajikan pada tabel Tabel 2. Dari 15 kelas hewan nilai akurasi tertinggi diperoleh kelas Zebra dengan nilai akurasi 90% sedangkan kelas hewan Laba-Laba dan

Kucing menjadi kelas hewan dengan nilai akurasi terendah sebesar 20%.

Tabel 2 Akurasi aplikasi per kelas

Kelas	Prediksi		(%) Benar
	Benar	Salah	
Anjing	8	2	80%
Gajah	5	5	50%
Gorila	5	5	50%
Harimau	3	7	30%
Kadal	6	4	60%
Kucing	2	8	20%
Kuda Nil	6	4	60%
Kumbang	5	5	50%
Kupu Kupu	8	2	80%
Laba Laba	2	8	20%
Monyet	4	6	40%
Panda	8	2	80%
Sapi	4	6	40%
Tikus	7	3	70%
Zebra	9	1	90%
Rata-Rata Benar			54.67%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan metode deep learning Convolutional Neural Network (CNN) pada aplikasi edukasi pengenalan hewan berbasis web. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model CNN yang dikembangkan masih mengalami tantangan dalam melatih 15 kelas hewan dengan akurasi sebesar 59.93%. Untuk hasil testing pada penggunaan aplikasi, akurasi rata-rata kelas yang didapat adalah 54.67%.

Meskipun aplikasi pengenalan hewan berbasis web yang dikembangkan masih mengalami tantangan dalam akurasi, hasil ini menunjukkan bahwa masih terdapat banyak ruang untuk perbaikan dalam hal akurasi dan performa model. Tantangan utama terletak pada kemampuan model CNN untuk secara efektif mengenali dan mengklasifikasikan berbagai kelas hewan yang berbeda.

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah disarankan untuk melakukan augmentasi data, seperti rotasi, pencahayaan, zoom dan flipping. Teknik ini akan membantu model untuk belajar dari variasi gambar yang lebih luas dan mengurangi overfitting. Melakukan pencarian dan optimisasi hyperparameter yang lebih mendalam dapat membantu menemukan kombinasi parameter yang lebih optimal untuk model CNN. Atau penggunaan teknik Transfer Learning untuk memanfaatkan model yang telah dilatih sebelumnya (pre-trained models) seperti ResNet, VGG atau Inception melalui untuk dapat meningkatkan akurasi model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pendidikan Nasional, *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, Tentang Sistem Pendidikan Nasional, Jakarta: Depdiknas*, vol. 3. Indonesia, 2003, p. 4. doi: 10.31000/ceria.v12i1.2856.
- [2] N. Maulida, H. Anra, and H. S. Pratiwi, "Aplikasi Pembelajaran Interaktif Pengenalan

- Hewan pada Anak Usia Dini,” *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, p. 26, 2018, doi: 10.26418/justin.v6i1.23726.
- [3] C. K. Nelwan, “Rancang bangun aplikasi pembelajaran interaktif untuk anak sekolah dasar kelas 1,” *J. Tek. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 45–54, 2020.
- [4] I. M. Sukaryawan, N. Sugihartini, and I. M. A. Pradnyana, “Pengaruh Penggunaan Media Virtual Reality Terhadap Hasil Belajar Anak Kelompok B Pada Tema Pengenalan Binatang Buas,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejur.*, vol. 16, no. 1, p. 118, 2019, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v16i1.16978.
- [5] N. K. El Abbadi and E. M. T. A. Alsaadi, “An Automated Vertebrate Animals Classification Using Deep Convolution Neural Networks,” *Proc. 2020 Int. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng. CSASE 2020*, pp. 72–77, 2020, doi: 10.1109/CSASE48920.2020.9142070.
- [6] Radikto, D. I. Mulyana, M. A. Rofik, and Mo. Z. Z. Zakaria, “Klasifikasi Kendaraan pada Jalan Raya menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN),” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 1, pp. 1668–1679, 2022.
- [7] K. T. Schütt, H. E. Saucedo, P. J. Kindermans, A. Tkatchenko, and K. R. Müller, “SchNet - A deep learning architecture for molecules and materials,” *J. Chem. Phys.*, vol. 148, no. 24, 2018, doi: 10.1063/1.5019779.
- [8] N. R. H. Meduri, R. Firdaus, and H. Fitriawan, “Efektifitas Aplikasi Website Dalam Pembelajaran Untuk Meningkatkan Minat Belajar Peserta Didik,” *Akademika*, vol. 11, no. 02, pp. 283–294, 2022, doi: 10.34005/akademika.v11i02.2272.
- [9] D. R. R. Putra and R. A. Saputra, “Implementasi Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Mendeteksi Penggunaan Masker Pada Gambar,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, pp. 710–714, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3286.
- [10] Z. Li, F. Liu, W. Yang, S. Peng, and J. Zhou, “A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects,” *IEEE Trans. Neural Networks Learn. Syst.*, vol. 33, no. 12, pp. 6999–7019, 2022, doi: 10.1109/TNNLS.2021.3084827.
- [11] C. Widi Wiguna, J. Dedy Irawan, and M. Orisa, “Penerapan Metode Convolutional Neural Network Pada Aplikasi Deteksi Wajah Buronan Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 1051–1058, 2023, doi: 10.36040/jati.v6i2.5438.
- [12] I. Suhardin, A. Patombongi, and A. M. Islah, “MENGIDENTIFIKASI JENIS TANAMAN BERDASARKAN CITRA DAUN MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK,” *Simtek J. Sist. Inf. dan Tek. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 100–108, 2021, doi: 10.51876/simtek.v6i2.101.
- [13] R. Gunawan, D. M. I. Hanafie, and A. Elanda, “Klasifikasi Jenis Ras Kucing Dengan Gambar Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN),” *J. Interkom J. Publ. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 18, no. 4, pp. 1–8, 2024, doi: 10.35969/interkom.v18i4.318.
- [14] N. Manohar, Y. H. S. Kumar, R. Rani, and G. H. Kumar, *Convolutional Neural Network with SVM for Classification of Animal Images*, vol. 545. Springer Singapore, 2019. doi: 10.1007/978-981-13-5802-9_48.
- [15] M. Sharma and A. Bhawe, “Lesion classification using convolutional neural network,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 898, no. December, pp. 357–365, 2019, doi: 10.1007/978-981-13-3393-4_37.
- [16] J. Omar, N. Husna Shabrina, A. N. Bhakti, and A. Patria, “Emotion Recognition using Convolutional Neural Network on Virtual Meeting Image,” *Ultim. Comput. J. Sist. Komput.*, vol. 13, no. 1, 2021.
- [17] O. Rainio, J. Teuho, and R. Klén, “Evaluation metrics and statistical tests for machine learning,” *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–14, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-56706-x.
- [18] O. A. Montesinos López, A. Montesinos López, and J. Crossa, *Multivariate Statistical Machine Learning Methods for Genomic Prediction*. 2022. doi: 10.1007/978-3-030-89010-0.