

Klasifikasi Citra Genus Panthera Menggunakan Pendekatan Deep learning Berbasis Convolutional Neural Network (CNN)

Waeisul Bismi^{1*}, Muhammad Qomaruddin²

¹ Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Bina Sarana Informatika, Indonesia

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Nusa Mandiri, Indonesia.

*Email: Waeisul.wbn@bsi.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode klasifikasi citra genus panthera menggunakan pendekatan deep learning berbasis Convolutional Neural network (CNN). Genus panthera mencakup spesies-spesies besar seperti harimau, singa, macan tutul, dan jaguar, yang memiliki kesamaan dalam penampilan tetapi juga perbedaan dalam corak bulu, ukuran tubuh, dan habitat. Klasifikasi citra genus panthera menjadi penting dalam berbagai aplikasi, termasuk konservasi satwa liar dan penelitian biologi. Dalam penelitian ini, dataset citra harimau, singa, dan macan tutul dikumpulkan dari berbagai sumber hingga berjumlah 6.290 citra. Metode yang diusulkan melibatkan proses pra-pemrosesan citra, seperti resize, converting dan normalization, serta penggunaan model Convolutional Neural network (CNN) untuk melakukan klasifikasi. Model CNN diimplementasikan dan dilatih menggunakan data latih untuk mengenali pola visual yang spesifik pada citra dari masing-masing spesies. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan deep learning berbasis CNN dapat mencapai akurasi yang tinggi dalam klasifikasi citra genus panthera sebesar 85,21%. Metode ini dapat membedakan dengan tepat antara citra harimau, singa, dan macan tutul berdasarkan fitur-fitur visual yang unik. Selain itu, pendekatan deep learning juga menawarkan keunggulan dalam efisiensi dan skalabilitas untuk mengatasi jumlah besar citra dalam dataset. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode klasifikasi citra satwa liar dengan menggunakan pendekatan deep learning berbasis CNN.

Kata kunci: Convolution Neural Network; Deep Learning; Genus Panthera

Abstract

This research aims to develop an image classification method for the panthera genus using a deep learning approach based on Convolutional Neural network (CNN). The panthera genus includes large species such as tigers, lions, leopards, and jaguars, which share similarities in appearance but also differences in fur patterns, body size, and habitat. Image classification of the panthera genus is important in various applications, including wildlife conservation and biological research. In this study, image datasets of tigers, lions, and leopards were collected from various sources to a total of 6,290 images. The proposed method involves image pre-processing, such as resizing, converting and normalization, and the use of a Convolutional Neural network (CNN) model to perform classification. The CNN model is implemented and trained using training data to recognize specific visual patterns in the images of each species. The results of this study show that the CNN-based deep learning approach can achieve high accuracy in the classification of panthera genus images of 85.21%. This method can correctly distinguish between tiger, lion, and leopard images based on unique visual features. In addition, the deep learning approach also offers advantages in efficiency and scalability to cope with the large number of images in the dataset. This research makes an important contribution to the development of wildlife image classification methods using a CNN-based deep learning approach.

Keyword: Convolution Neural Network; Deep Learning; Genus Panthera

PENDAHULUAN

Keberagaman fauna di seluruh dunia telah mendorong para ilmuwan biologi untuk mengembangkan suatu sistem yang memungkinkan studi dan identifikasi organisme dengan menggunakan proses klasifikasi (Suryanto et al., 2014). Pengklasifikasian melibatkan pengelompokan organisme berdasarkan ciri-ciri khusus. Dalam hal pengklasifikasian suatu kelompok hewan, satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan memperhatikan warna dan pola kulit diantaranya seperti kelompok *genus panthera*.

Panthera adalah genus dari *famili felidae* (kucing), yang dinamai dan dijelaskan oleh Lorenz Oken pada tahun 1816 (Oken, 2008) terdiri dari sekitar setengah dari *subfamili pantherinae* atau kucing besar yang memiliki struktur tubuh dan motif kulit yang berbeda (Anwar & Rimirasih, 2019) *Genus panthera* adalah kelompok hewan yang termasuk dalam kategori *karnivora* besar diantaranya harimau (*P. tigris*), singa (*P. leo*), jaguar (*P. onca*), dan macan tutul (*P. pardus*) berdasarkan fitur kranium umum (R.I. et al., 1916). Keempat spesies ini memiliki ciri-ciri yang mirip, namun memiliki perbedaan dalam ukuran tubuh, corak bulu, dan habitat asli. Karena ciri-ciri ini, identifikasi spesies pada kelompok ini seringkali sulit dilakukan, terutama pada kondisi yang kurang jelas. Adapun ciri-ciri *genus panthera* tersebut antara lain.

- a) Singa memiliki bulu berwarna emas dan tidak memiliki pola khusus
- b) Harimau memiliki pola loreng dengan garis-garis yang panjang.
- c) Jaguar memiliki ukuran tubuh yang lebih besar daripada macan tutul, serta memiliki pola tutul yang lebih lebar.
- d) Macan tutul memiliki tubuh yang sedikit lebih langsing daripada jaguar dan memiliki tutul yang tidak terlalu lebar.

Berdasarkan faktor tersebut dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis *convolution neural network*, yaitu merupakan teknik dalam *neural network* dimana menggunakan teknik tertentu seperti *Restricted Boltzmann Machine (RBM)* untuk mempercepat proses pembelajaran dalam *neural network*, menggunakan lapis yang banyak atau lebih dari tujuh lapis (Bismi & Harafani, 2022) karena pendekatan ini telah

menjadi topik yang semakin populer dalam beberapa tahun terakhir dan telah berhasil digunakan pada berbagai aplikasi. Dengan adanya *deep learning*, waktu yang dibutuhkan untuk *training* akan semakin sedikit karena masalah hilangnya *gradien* pada propagasi balik akan semakin rendah (Ramadhani, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode klasifikasi citra *genus panthera* menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis *convolution neural network (CNN)*.

Dalam konteks konservasi satwa liar, teknologi klasifikasi citra dapat menjadi alat yang penting untuk memantau populasi dan distribusi dari kelompok hewan tertentu. Selain itu, klasifikasi citra *genus panthera* juga dapat berguna dalam bidang penegakan hukum dan penelitian biologi. Oleh karena itu, penelitian ini dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi klasifikasi citra pada domain tersebut.

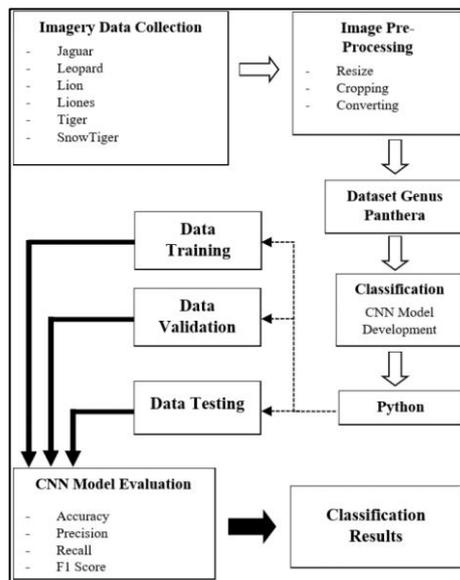
TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi klasifikasi citra menggunakan *machine learning* pada era zaman sekarang telah berkembang yang memungkinkan klasifikasi otomatis menggunakan sistem komputasi. Pada penelitian sebelumnya (Suryanto et al., 2014) melakukan klasifikasicitra *genus panthera* menggunakan *machine learning* dengan metode *naive bayes* yang mendapati hasil akurasi pengujian 81,25% pada pengujian kelas singa, harimau, dan jaguar, namun 0% untuk kelas leopard. Faktor kegagalan tersebut dikarenakan jaguar dan leopard memiliki kemiripan pada motif dan warna kulitnya lalu pada penelitian (Anwar & Rimirasih, 2019) mendapatkan nilai akurasi 68% dalam menklasifikasi *genus panthera*.

Metode yang diusulkan dalam penelitian ini melibatkan proses pra-pemrosesan citra seperti *resize*, *cropping*, *converting* dan *normalization* serta pembuatan model *convolution neural network (CNN)* yang optimal. Dataset citra *genus panthera* diantaranya citra *jaguar*, *lion*, *leopard* dan *tiger* akan digunakan untuk melakukan pelatihan dan pengujian pada model *convolution neural network (CNN)*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi citra *genus panthera*.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian klasifikasi citra *genus panthera* menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis *convolutional neural network* (CNN) dan berikut ini alur metode penelitian yang digunakan dapat terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data Citra

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber-sumber terpercaya, seperti website (Piosenka, 2022), museum hewan dan konservasi satwa liar. Data Citra yang digunakan berupa gambar *jaguar*, *leopard*, *liones*, *liones*, *tiger*, *snowtiger*.

2.2. Pra-Pemrosesan Citra

Citra yang telah diperoleh diproses terlebih dahulu untuk memastikan kualitas citra yang digunakan dalam penelitian ini. Pra-pemrosesan merupakan teknik umum yang dapat digunakan secara luas dalam *deep learning* yaitu prosesnya dieksekusi sekali untuk seluruh dataset (yang kemudian dapat disimpan dalam bentuk pra-pemrosesan dan digunakan beberapa kali untuk fase pelatihan/pengujian) (Hurtik et al., 2020) dan langkah *preprocessing* dapat digunakan untuk gambar normalisasi dan koreksi intensitas yang tidak seragam untuk menghilangkan artefak dan meningkatkan akurasi langkah-langkah pemrosesan (Sarki et al., 2021). Pra-

pemrosesan yang dilakukan antara lain *resizing*, *converting*, *normalization*.

Pengubahan ukuran gambar adalah proses untuk mengubah resolusi gambar dan informasi piksel gambar. *Resize* juga dilakukan untuk mendapatkan resolusi citra yang seragam antar citra (Kurniastuti et al., 2022). *Resize* citra merupakan tahap pra-pemrosesan pada penelitian ini untuk memudahkan proses pelatihan dan membantu proses pelatihan mendapatkan tingkat akurasi model yang maksimal (Pujiati & Rochmawati, 2022). Pada penelitian ini, citra *genus panthera* diubah ukurannya dengan ukuran 224 x 224 piksel.

Secara *default*, proses pembacaan gambar akan menggunakan model warna (*Blue, Green, Red*) *BGR*, oleh karena itu setiap kali membacanya perlu dilakukan konversi model warna sesuai dengan kebutuhan (Annas T.S, 2019). Oleh karena itu, perlu dilakukan konversi citra daun ara dari *BGR* ke *RGB* (*Red, Green, and Blue*) agar tampilan warna pada citra *genus panthera* dapat digunakan oleh *Matplotlib* dengan baik.

2.3. Pembuatan dataset

Pada Tabel 1 diberikut ini dapat dilihat jumlah data citra dari masing-masing kelas yang didapati.

Tabel 1. Data Citra *Genus Panthera*

No.	Nama Citra	Jumlah
1	Jaguar	1200 citra
2	Leopard	1200 citra
3	Lion	1200 citra
4	Liones	1200 citra
5	Tiger	1200 citra
6.	SnowTiger	290 citra
Total keseluruhan		6290 Citra

Citra yang telah diproses kemudian dibuat dataset yang terdiri dari 6 kelas, yaitu *Jaguar*, *Leopard*, *Liones*, *Liones*, *Tiger*, dan *Snowtiger* dengan jumlah total keseluruhan 6290 citra. *Dataset genus panthera* ini kemudian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu data pelatihan (*training data*), data pengujian (*testing data*) dan data validasi (*validation data*). Set pelatihan digunakan untuk membuat model pembelajaran, dan set validasi biasanya digunakan untuk menyesuaikan *hyperparameter* selama pelatihan. Set pengujian adalah sampel data yang belum terlihat pada model yang terlihat sebelumnya

yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model algoritma (Lu et al., 2021). Berikut pada table 2 terlihat pembagian dataset.

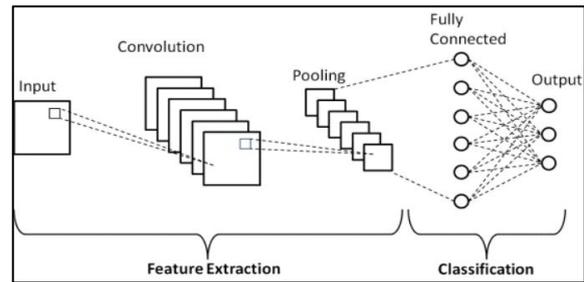
Tabel 2. Pembagian Dataset *Genus Pnathera*

No.	Nama Data	Jumlah
1	Data Training	5032 citra
2	Data Validation	629 citra
3	Data Testing	629 citra

2.4. Pengembangan Model CNN

Konsep algoritma *deep learning* mirip dengan model *multilayer perceptron (MLP)*, di mana kedua model tersebut dilatih dengan versi algoritma *back-propagation*, dan keduanya terdiri dari *input*, *output*, dan lapisan tersembunyi. Algoritma propagasi yang digunakan kembali (Calik et al., 2020) yang terdiri dari beberapa *neuron* (juga dikenal sebagai *node*) yang terhubung bersama untuk membentuk jaringan yang kompleks. *Neuron* menerima beberapa sinyal *input* dan menghasilkan *output* (Sultana et al., 2019). Setiap *neuron* dalam satu lapisan terhubung ke setiap *neuron* di lapisan berikutnya (Sekar et al., 2019).

Namun dalam *covolution neural network (CNN)*, lapisan tersembunyi terdiri dari beberapa lapisan konvolusi, lapisan *rectified linear unit (RELU)*, lapisan *pooling*, lapisan yang terhubung penuh, dan lapisan normalisasi. Perbedaan utama antara *covolution neural network (CNN)* dengan *multilayer perceptron (MLP)* adalah bahwa, dalam kasus pemodelan masalah dengan jumlah variabel *input* yang banyak, tidak mungkin untuk menghubungkan sebuah *neuron* ke semua *neuron* di lapisan sebelumnya karena arsitektur seperti itu tidak hanya tidak memperhitungkan struktur spasial dari kumpulan data, tetapi juga akan sangat meningkatkan durasi proses pelatihan. Model *covolution neural network (CNN)* dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan bantuan *library TensorFlow*. Model *covolution neural network (CNN)* dapat terlihat pada gambar 2 yang terdiri dari beberapa *layer*, seperti *layer konvolusi*, *layer pooling*, dan *layer fully connected*.



Gambar 2. Model Covolution Neural network

Arsitektur model *covolution neural network (CNN)* diatur secara eksperimental untuk memperoleh hasil yang optimal, diantaranya yaitu:

- Alat konvolusi yang memisahkan dan mengidentifikasi berbagai fitur gambar untuk dianalisis dalam proses yang disebut sebagai Ekstraksi Fitur.
- Jaringan ekstraksi fitur terdiri dari banyak pasangan lapisan konvolusi atau penyatuan.
- Lapisan yang sepenuhnya terhubung yang memanfaatkan output dari proses konvolusi dan memprediksi kelas gambar berdasarkan fitur yang diekstraksi pada tahap sebelumnya.
- Model ekstraksi fitur *covolution neural network (CNN)* ini bertujuan untuk mengurangi jumlah fitur yang ada dalam dataset. Ini menciptakan fitur baru yang meringkas fitur yang ada yang terkandung dalam kumpulan fitur asli.

2.5. Pelatihan Model CNN

Model *covolution neural network (CNN)* dilatih menggunakan data pelatihan yang telah dibuat sebelumnya. Selama pelatihan, model *covolution neural network (CNN)* akan melakukan iterasi pada dataset pelatihan untuk mengoptimalkan bobot-bobot pada *layer-layer* yang ada. Proses *training* adalah tahap dimana model *covolution neural network (CNN)* dilatih untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi dari klasifikasi yang dilakukan. Pada tahap ini terdapat proses *feed forward* dan proses *backpropagation*. Untuk melakukan proses *feed forward* diperlukan jumlah dan ukuran *layer* yang akan dibentuk, ukuran *subsampling*, dan citra vektor yang diperoleh. Hasil dari proses *feed forward* berupa bobot-bobot yang akan digunakan untuk mengevaluasi proses *neural*

network dan proses validasi data digunakan untuk mendapatkan tingkat kepercayaan terhadap hasil interpretasi citra (Arisudana et al., 2020).

2.6. Evaluasi Model CNN

Setelah model *convolution neural network* (CNN) selesai dilatih, maka model tersebut diuji dengan menggunakan data pengujian. Proses pengujian merupakan proses klasifikasi yang menggunakan bias dan bobot dari hasil proses *training*. Sehingga akhir dari proses ini menghasilkan akurasi dari klasifikasi yang dilakukan, data yang gagal diklasifikasikan, jumlah gambar yang gagal diklasifikasikan, dan bentuk jaringan yang terbentuk dari proses *feedforward* (Meijer et al., 2019). *Output layer* sudah terhubung sepenuhnya dengan label yang ada. Evaluasi dilakukan berdasarkan *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan metode yang digunakan untuk mengukur kinerja suatu metode klasifikasi dengan membandingkan hasil klasifikasi yang diberikan oleh sistem dengan yang seharusnya (Prasetyo, 2012). Terdapat empat istilah yang digunakan dalam mewakili hasil klasifikasi saat melakukan pengukuran kinerja menggunakan *confusion matrix*. Istilah-istilah tersebut meliputi *Total True Positive (TTP)*, *Total True Negative (TTN)*, *Total False Positive (TFP)*, dan *Total False Negative (TFN)*.

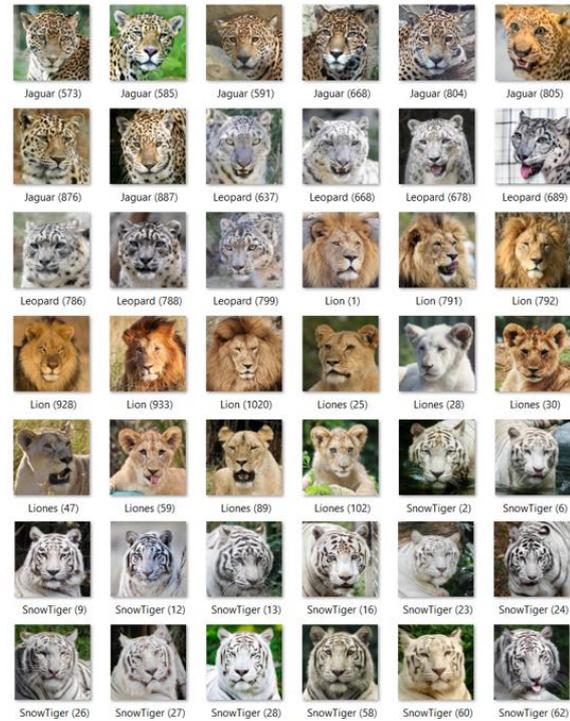
Nilai-nilai TTP, TTN, TFP, dan TFN ini dapat digunakan untuk menghitung nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* (Pratiwi et al., 2021), adapun penjelasan dari nilai-nilai tersebut sebagai berikut.

- a) *Accuracy* mempresentasikan seberapa akurat sistem dapat mengklasifikasi data secara benar. Nilai akurasi adalah perbandingan antara data yang terklasifikasi benar dengan jumlah keseluruhan data.
- b) *Precision* adalah perbandingan nilai dari jumlah data kategori terklasifikasi benar dengan total keseluruhan data kategori terklasifikasi benar.
- c) *Recall* dilakukan untuk mengetahui perbandingan jumlah data kategori terklasifikasi benar oleh sistem dengan jumlah data kategori terklasifikasi benar dan salah.
- d) *F1-Score* merupakan penggabungan dari *precision* dan *recall*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengumpulan Data Citra

Berikut dapat terlihat pada gambar 3, beberapa hasil data citra yang dikumpulkan yang terdiri dari masing-masing *class* yakni *Jaguar*, *Leopard*, *Lion*, *Liones*, *Tiger*, *Snowtiger*.



Gambar 3. Data Citra *Genus panthera*

3.2. Hasil Pra-Pemrosesan Data Citra

Prose *resize* citra dilakukan dengan ukuran 224x224 piksel dan proses konversi citra agar tampilan warna pada data citra *genus panthera* dapat berfungsi dengan baik oleh *matplotlib*. Pada *pre-processing* data citra menggunakan komputasi dapat dilihat pada gambar 4.

```

ResizeImage=tuple((224,224))
X=[]
y=[]
for label in train_labels:
    dir=os.path.join(train_path, label)

    for file in glob.glob(dir + "/*.jpg"):
        im=cv2.imread(file)
        im=cv2.resize(im,ResizeImage,interpolation=cv2.INTER_AREA)
        im=cv2.cvtColor(im,cv2.COLOR_BGR2RGB)
        X.append(im)
        y.append(label)
    print("[status] telah selesai baca image untuk folder:{}".format(label))

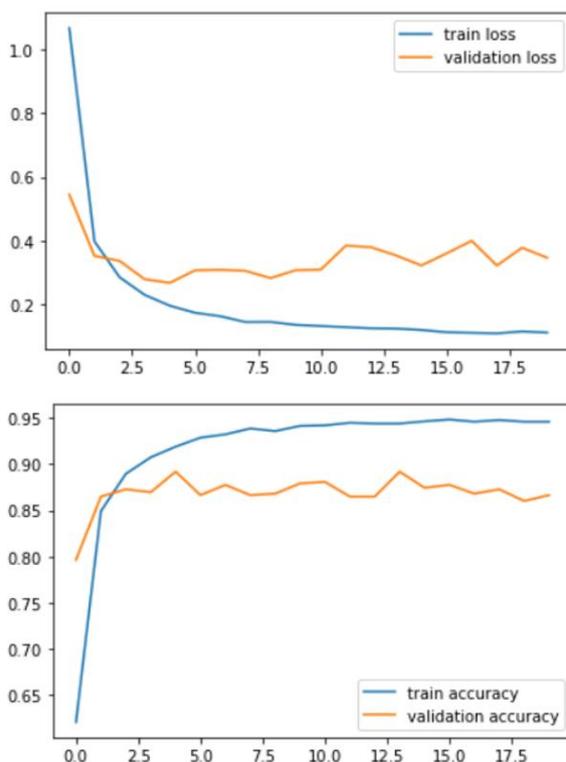
X=np.array(X)
y=np.array(y)
print("[status] telah selesai baca image untuk seluruh isi folder train")

[status] telah selesai baca image untuk folder:Jaguar
[status] telah selesai baca image untuk folder:Leopard
[status] telah selesai baca image untuk folder:Lion
[status] telah selesai baca image untuk folder:Liones
[status] telah selesai baca image untuk folder:SnowTiger
[status] telah selesai baca image untuk folder:Tiger
[status] telah selesai baca image untuk seluruh isi folder train
    
```

Gambar 4. Pra-pemrosesan Data Citra *Genus panthera*

3.3. Hasil Pelatihan Model CNN

Dalam penelitian ini proses klasifikasi yang digunakan yakni menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis *convolutional neural network* (CNN), Model *convolutional neural network* (CNN) dilatih mendalam dengan memperbaharui semua lapisan dalam jaringan secara iteratif dan *optimizer* sangat memegang peranan penting, yang dalam penelitian ini menggunakan *optimizer adam*. Dari model arsitektur yang diusulkan, proses pelatihan dan validasi dilakukan dengan menggunakan 20 *epoch* dengan masing-masing *epoch* memiliki 21 langkah. Hasil dari proses pelatihan dan validasi dari model *convolutional neural network* (CNN) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pelatihan dan Validasi Model CNN

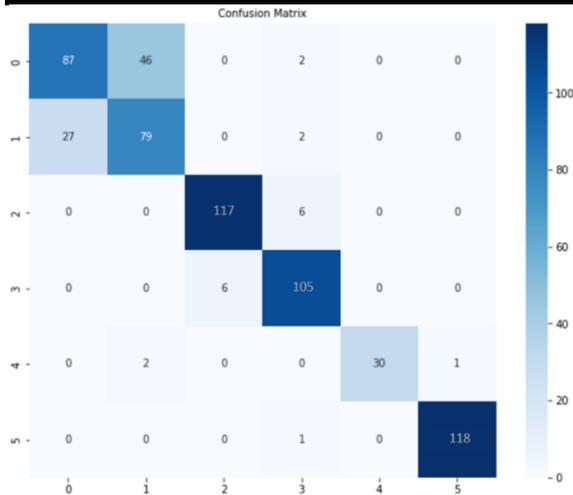
3.4. Hasil Evaluasi Model CNN

Hasil dari evaluasi model *convolutional neural network* (CNN) kemudian dianalisis untuk menentukan keberhasilan model dalam melakukan klasifikasi citra *genus panthera*, dapat terlihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hasil Evaluasi Model CNN Pada Data Citra *Genus panthera*

Setelah melalui proses pelatihan dan validasi, dilanjutkan dengan proses pengujian untuk melihat ketepatan model dalam mengklasifikasikan *genus panthera* dari 629 citra data *testing* yang menghasilkan nilai akurasi sebesar 85,21 % diukur berdasarkan dengan perhitungan *confusion matrix*, terlihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Confusion Matrix

Adapun rumus dasar untuk menghitung hasil confusion matrix pada klasifikasi data citra genus macan kumbang (1) adalah sebagai berikut.

$$\frac{87+79+117+105+30+118}{629} \times 100\% = 85,21\% \quad (1)$$

Dan lalu untuk nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* untuk masing-masing *class* dapat terlihat pada table 3 berikut.

Tabel 3. *Precision*, *Recall* dan *F1-Score*

Class	Precision	Recall	F1-Score
Jaguar	0.76	0.64	0.70
Leopard	0.62	0.73	0.67
Lion	0.95	0.95	0.95
Lioness	0.91	0.95	0.93
SnowTiger	1.00	0.91	0.95
Tiger	0.99	0.99	0.95

SIMPULAN

Meskipun tingkat akurasi belum mencapai 90% tetapi dalam penelitian ini sudah berhasil memperbaiki hasil penelitian sebelumnya (Suryanto et al., 2014) dan (Anwar & Riminarsih, 2019) yakni dalam klasifikasi leopard, belum berhasil diklasifikasikan dari 200 citra macan tutul hanya 49 citra yang berhasil dikenali sebagai macan tutul sedangkan sebagian besar macan tutul dikenali sebagai jaguar. Pada penelitian ini menggunakan Pendekatan *Deep learning* Berbasis *Convolutional Neural network* (CNN) mendapati nilai akurasi sebesar 85,21 % dalam mengklasifikasi data citra *genus panthera* yang

terdiri dari 6 class dan sebelumnya telah dilakukan tahapan *pre-processing* citra serta pembagian data kedalam 3 set yakni data *training*, data *testing* dan data *validation*. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menerapkan model pendekatan *deep learning* lainnya serta mengimplentasikan kedalam system berbagai platform dalam mendeteksi citra *genus panthera*

DAFTAR PUSTAKA

Annas T.S, T. (2019). Perbandingan Model Warna RGB , HSL dan HSV Sebagai Fitur dalam Prediksi Cuaca pada Citra Langit menggunakan. *Teknik Informatika*, 9.

Anwar, G. A., & Riminarsih, D. (2019). Klasifikasi Citra Genus Panthera Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn). *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 24(3), 220–228. <https://doi.org/10.35760/ik.2019.v24i3.2364>

Arisudana, K., Kurniawan, W., Putro, F. W., Studi, P., Perangkat, R., Teknologi, F., & Industri, I. (2020). *Sistem pendeteksi kerusakan luar angkutan umum*. 175–187.

Bismi, W., & Harafani, H. (2022). Perbandingan Metode Deep Learning dalam Mengklasifikasi Citra Scan MRI Penyakit Otak Parkinson. *InComTech: Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 12(3), 177. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v12i3.15068>

Calik, N., Belen, M. A., & Mahouti, P. (2020). Deep learning base modified MLP model for precise scattering parameter prediction of capacitive feed antenna. *International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields*, 33(2). <https://doi.org/10.1002/jnm.2682>

Hurtik, P., Molek, V., & Hula, J. (2020). Data Preprocessing Technique for Neural Networks Based on Image Represented by a Fuzzy Function. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 28(7), 1195–1204. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2019.2911494>

Kurniastuti, I., Yuliati, E. N. I., Yudianto, F., & Wulan, T. D. (2022). Determination of Hue Saturation Value (HSV) color feature in kidney histology image. *Journal of Physics: Conference Series*, 2157(1),

012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2157/1/012020>
- Lu, J., Tan, L., & Jiang, H. (2021). Review on convolutional neural network (CNN) applied to plant leaf disease classification. *Agriculture (Switzerland)*, 11(8), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080707>
- Meijer, D., Scholten, L., Clemens, F., & Knobbe, A. (2019). A defect classification methodology for sewer image sets with convolutional neural networks. *Automation in Construction*, 104(December 2018), 281–298. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.013>
- Oken, L. (2008). *Oken's Lehrbuch der Naturgeschichte: 3. Theil. Zoologie; 2. Abt. Fleischthiere*. <https://books.google.co.id/books?id=S5o5AAAACAAJ>
- Piosenka, G. (2022). *10 Big Cats of the Wild - Image Classification*. KAGGLE. <https://www.kaggle.com/datasets/gpiosenka/cats-in-the-wild-image-classification>
- Prasetyo, E. (2012). *Data mining: konsep dan aplikasi menggunakan MATLAB* (1st ed.). CV. Andi Offset. <https://elibrary.bsi.ac.id/readbook/200350/data-mining-konsep-dan-aplikasi-menggunakan-matlab>
- Pratiwi, N. K. C., Fu'adah, Y. N., & Edwar, E. (2021). Early Detection of Deforestation through Satellite Land Geospatial Images based on CNN Architecture. *Jurnal Infotel*, 13(2), 54–62. <https://doi.org/10.20895/infotel.v13i2.642>
- Pujiati, R., & Rochmawati, N. (2022). Identifikasi Citra Daun Tanaman Herbal Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *JINACS (Journal of Informatics and Computer Science)*, 03, 351–357.
- R.I., Pocock, & F.R.S. (1916). XXXVI.—On the tooth-change, cranial characters, and classification of the snow-leopard or ounce (*Felis uncia*). *Annals and Magazine of Natural History Zoology, Botany, and Geology*, 18(105), 306–316. <https://doi.org/10.1080/00222931608693854>
- Ramadhani, M. (2018). Klasifikasi Jenis Jerawat Berdasarkan Tekstur dengan Menggunakan Metode GLCM. *E-Prociding of Engineering*, 5(1), 870–876.
- Sarki, R., Ahmed, K., Wang, H., Zhang, Y., Ma, J., & Wang, K. (2021). Image Preprocessing in Classification and Identification of Diabetic Eye Diseases. *Data Science and Engineering*, 6(4), 455–471. <https://doi.org/10.1007/s41019-021-00167-z>
- Sekar, V., Jiang, Q., Shu, C., & Khoo, B. C. (2019). Fast flow field prediction over airfoils using deep learning approach. *Physics of Fluids*, 31(5). <https://doi.org/10.1063/1.5094943>
- Sultana, J., Usha Rani, M., & Farquad, M. A. H. (2019). Student's performance prediction using deep learning and data mining methods. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1 Special Issue 4), 1018–1021.
- Suryanto, A., Andrianto, B., Alvianda, B., Saputro, H. A., & Siregar, M. S. (2014). PENGKLASIFIKASI GENUS PANTHERA (HARIMAU, SINGA, JAGUAR DAN MACAN TUTUL) DENGAN METODE NAIVE BAYES. *Universitas Brawijaya*, 5.