

Analisis Perbandingan Klasifikasi Citra Genus *Panthera* dengan Pendekatan *Deep learning* Model *MobileNet*

Waeisul Bismi^{1*}, Deny Novianti², Muhammad Qomaruddin³

¹ Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Bina Sarana Informatika

² Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Bina Sarana Informatika

³ Program Studi Teknik Informatika, Universitas Nusa Mandiri

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

Abstrak

Konservasi satwa liar semakin menjadi prioritas utama karena beberapa spesies dalam *Genus Panthera* telah mengalami penurunan signifikan dalam populasi mereka sejak tahun 1970-an, akibat aktivitas pemburuan ilegal, hilangnya habitat alamnya, dan berkurangnya jumlah mangsa. Oleh karena itu, perlindungan mereka sangat penting. Dalam era digital saat ini, teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan (AI) telah mengubah cara kita melihat dan menjaga satwa liar. Dalam konteks ini, pendekatan menggunakan model *MobileNet* dalam *deep learning*, yang merupakan cabang dari kecerdasan buatan, telah terbukti sangat efektif dalam mengatasi tantangan kompleks dalam pengolahan citra. Namun, meskipun *MobileNet* memiliki potensi dalam mengklasifikasikan citra *Genus Panthera*, belum banyak penelitian yang secara khusus membandingkannya dengan metode lain yang ada. Oleh karena itu, Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan klasifikasi citra Genus *Panthera* menggunakan pendekatan *deep learning* model *MobileNet* dengan model alternatif dari penelitian sebelumnya. Dataset yang digunakan terdiri dari 6.460 citra dengan 6 label: Jaguar, Macan Tutul, Singa, Singa Hutan, Harimau, dan Macan Salju, yang dibagi menjadi set training, validasi, dan testing. Berdasarkan hasil evaluasi, metode yang diusulkan dengan menggunakan model *MobileNetV1* mencapai akurasi tertinggi yaitu 89,93%, diikuti oleh model *MobileNetV2* dengan 89,78%. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga dalam pengembangan implementasi sistem pada sebuah aplikasi di berbagai platform untuk mendeteksi citra, guna mendukung upaya konservasi spesies dalam *Genus Panthera*.

Kata kunci: *Deep learning*, *Genus Panthera*, Klasifikasi, *MobileNet*, Perbandingan.

Abstract

Wildlife conservation is increasingly becoming a top priority as several species in the *Panthera* genus have experienced significant declines in their populations since the 1970s, due to illegal hunting activities, loss of natural habitat, and reduced prey. Their protection is therefore of paramount importance. In today's digital age, image processing and artificial intelligence (AI) technologies have changed the way we view and protect wildlife. In this context, the approach of using *MobileNet* models in *deep learning*, which is a branch of artificial intelligence, has proven to be very effective in overcoming complex challenges in image processing. However, despite *MobileNet*'s potential in classifying images of the *Panthera* genus, not many studies have specifically compared it with other existing methods. Therefore, in this study, a comparative analysis of *Panthera* genus image classification using the *deep learning* approach of *MobileNet* model with alternative models from previous studies is conducted. The dataset used consists of 6,460 images with 6 labels: Jaguar, Leopard, Lion, Lioness, Tiger, and Snow Tiger, which are divided into training, validation, and testing sets. Based on the evaluation results, the proposed method using the *MobileNetV1* model achieved the highest accuracy of 89.93%, followed by the *MobileNetV2* model with 89.78%. This research is expected to provide valuable insights in the development of system implementation in an application on various platforms for image detection, to support species conservation efforts in the *Panthera* genus.

Keywords : *Deep learning*, *Panthera* genus, Classification, *MobileNet*, Comparison.

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati planet ini menjadi semakin rentan akibat perubahan lingkungan dan aktivitas manusia. *Genus Panthera* merupakan spesies predator puncak *karnivora* yang biasanya disebut dengan kucing besar (Bjordan, 2016) yang meliputi beberapa spesies ikonik seperti harimau (*panthera tigris*), jaguar (*panthera onca*), macan tutul (*panthera pardus*), singa (*panthera leo*) (Wei *et al.*, 2011). Konservasi satwa liar menjadi semakin penting karena populasi beberapa spesies dalam *Genus Panthera* mengalami penurunan yang signifikan sejak 1970 hingga seterusnya akibat pemburuan ilegal, hilangnya habitat dan penurunan jumlah mangsa, sehingga perlu dilestarikan (Hyun *et al.*, 2021).

Dalam era dunia digital saat ini, banyak teknologi yang berkembang disemua bidang kehidupan untuk membantu mempermudah pekerjaan manusia (Hakim *et al.*, 2023) dan membawa perubahan besar dalam cara kita memahami dan melindungi alam liar. Salah satu teknologi yang berkembang adalah pengolahan citra digital yang merupakan aspek penting dalam penggunaan pendekatan klasifikasi citra untuk mengidentifikasi dan memonitor spesies-spesies dalam *Genus Panthera*.

Pengolahan citra digital merupakan bidang ilmu salah satu cabang informatika yang berkuat pada usaha untuk melakukan transformasi citra menjadi citra lain (C. Gonzalez and E. Woods, 2008). Pada zaman sekarang pengolahan citra sangat bermanfaat terdapat banyak teknik yang dikembangkan salah satunya adalah teknik klasifikasi citra (Hakim *et al.*, 2018). Klasifikasi citra saat ini terus berkembang dengan tujuan untuk membuat komputer atau mesin mampu menduplikasi kemampuan manusia dalam membedakan atau mengelompokkan citra digital berdasarkan informasi yang terkandung didalam citra tersebut (Hakim *et al.*, 2021), sehingga komputer dapat mengklasifikasikan objek berupa citra selayaknya manusia (Wulandari, Yasin and Widiyari, 2020). Dalam mengklasifikasikan objek dibutuhkan metode yang mampu dan memiliki kemampuan mengenali atau mendeteksi sebuah objek berupa gambar (Leovincen and Yoannita, 2023). Salah satu pendekatan dari *deep learning* yaitu menggunakan model *MobileNet* yang menawarkan keseimbangan antara akurasi dan

kecepatan komputasi, menjadikannya pilihan yang menarik untuk analisis klasifikasi citra.

Namun, meskipun *MobileNet* memiliki potensi untuk diterapkan dalam klasifikasi citra *Genus Panthera*, belum ada banyak penelitian yang secara khusus membandingkannya dengan pendekatan lain atau menjelajahi potensi penerapannya dalam konteks citra *Genus Panthera*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan ini dengan melakukan analisis perbandingan antara model klasifikasi citra menggunakan pendekatan *deep learning MobileNet* dan mungkin pendekatan lainnya. Dengan membandingkan performa, akurasi, kecepatan, dan efisiensi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi pengembangan sistem klasifikasi citra dalam upaya konservasi spesies dalam *Genus Panthera*.

TINJAUAN PUSTAKA

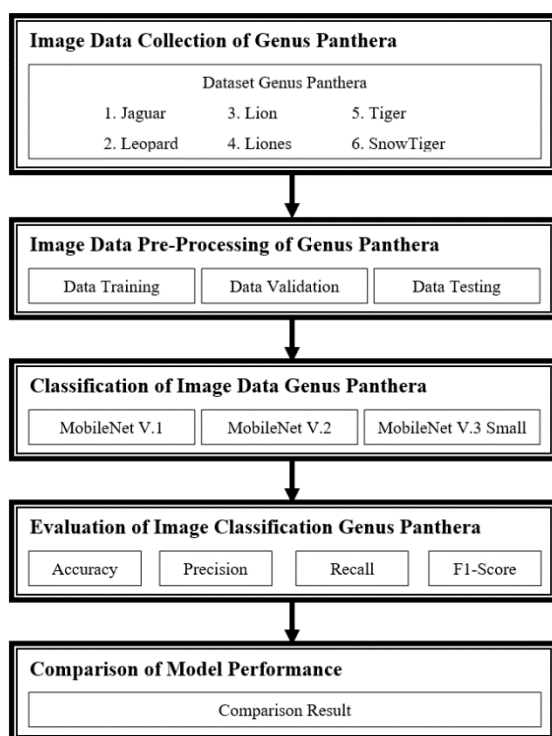
Penelitian mengenai klasifikasi citra *Genus Panthera* telah banyak dilakukan dengan menggunakan metode *machine learning* dan pendekatan metode *deep learning*, untuk mendapatkan hasil akurasi yang terbaik dengan metode tersebut dari klasifikasi citra *Genus Panthera*, seperti, yang dilakukan (Suryanto *et al.*, 2014) menggunakan metode *machine learning* yakni *naïve bayes* mendapati hasil akurasi pengujian 81,25%, kemudian pada penelitian (Anwar and Riminarsih, 2019) yang menerapkan metode *Convolution Neural Network (CNN)* mendapati hasil akurasi sebesar 92,31% pada *data training* sebanyak 3840 citra serta 68% pada *data testing* dengan jumlah 800 citra *Genus Panthera* dan pada penelitian (Bismi and Qomaruddin, 2023) yang menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan *novelty* pada penelitian nya terkait jumlah data citra *Genus Panthera* sebesar 6.290 dan mendapati hasil akurasi 85,21%.

Penelitian ini bertumpu pada hasil penelitian sebelumnya yang telah mengklasifikasikan citra *Genus Panthera*. Metode yang diajukan dalam penelitian ini akan diuji dan dibandingkan dengan metode yang telah ada sebelumnya, dengan harapan bahwa metode yang baru akan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengenalan dan klasifikasi citra *Genus Panthera*.

Dalam melaksanakan penelitian ini, peneliti menggunakan kumpulan data berupa gambar dari berbagai jenis *Genus Panthera*, seperti *Jaguar*, *Leopard*, *Lion*, *Liones*, *Tiger*, dan *Snowtiger*. Data ini digunakan untuk melatih algoritma, menguji keandalannya, melakukan validasi hasil, dan mengevaluasi kinerja metode yang diusulkan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemahaman dan kemampuan dalam mengklasifikasikan *Genus Panthera* dengan lebih baik berdasarkan penggunaan metode yang diperbarui dan ditingkatkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 1 merupakan alur metode yang digunakan dalam penelitian analisis perbandingan klasifikasi citra *Genus Panthera* dengan pendekatan *deep learning* model *MobileNet*.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

3.1 Pengumpulan Data Citra

Pengumpulan data citra merupakan tahapan awal dalam alur metodologi penelitian (Rozaqi, Sunyoto and Arief, 2021) yang akan digunakan untuk mewakili spesies dalam penelitian *Genus Panthera* ini, diantaranya

Jaguar, *Leopard*, *Liones*, *Liones*, *Tiger*, dan *Snowtiger*. Karena pada penelitian ini bersifat *supervised learning* dimana pada proses klasifikasi menggunakan data yang sudah sama dari penelitian (Bismi and Qomaruddin, 2023) yang memiliki label dari masing-masing kelas (Ilahiyah and Nilogiri, 2018) dan yang memiliki lebih banyak variasi diantaranya variasi sudut pengambilan gambar, variasi jarak pengambilan, dan variasi jumlah objek dalam citra (Putri and Fahrurrozi, 2022).

3.2 Pra-Pemrosesan Citra

Sebelum citra digital diproses, tahap *preprocessing* diperlukan agar mendapat kalkulasi *test score* yang baik (Supiyani and Arifin, 2022) dan akurasi yang tinggi. *Preprocessing* data merupakan tahap awal persiapan sebelum data diolah model dan digunakan untuk melakukan klasifikasi (Dly *et al.*, 2023).

Dalam tahapan *preprocessing* data dilakukan dengan membagi data ke dalam 3 bagian, yakni *data training*, *data validation* dan *data testing* (Isa and Junedi, 2022) dimana masing-masing terdiri dari 6 class. *Data training* merupakan langkah proses melatih model pengenalan menggunakan kumpulan dataset (Asroni, Indrawan and Erawati Dewi, 2023) citra *Genus Panthera* sebagai acuan untuk memberi nilai awal bobot dari jaringan syaraf tiruan model *CNN* tersebut. *Data validation* adalah kumpulan data yang digunakan setelah seluruh proses pelatihan pada satu iterasi (*epoch*) selesai dilakukan dalam pelatihan model. Tujuan dari penggunaan data validasi adalah untuk menilai sejauh mana hasil dari proses pengolahan citra mendekati keadaan sebenarnya (Mawarni *et al.*, 2023). Selain itu, data validasi juga digunakan untuk mengatur parameter-parameter yang ada dalam model *Convolutional Neural Network (CNN)* dan memeriksa bagaimana perubahan bobot pada jaringan saraf tiruan dapat memengaruhi tingkat akurasi dari model tersebut. Pada tahap akhir pra-pemrosesan citra, *data testing* dilakukan untuk mengukur keakuratan klasifikasi dengan mengevaluasi indeks yang dihasilkan oleh model *Convolutional Neural Network (CNN)* yang sudah dilatih sebelumnya (Maulana and Rochmawati, 2020). Pada tahap ini, tidak ada

lagi pengaruh terhadap bobot-bobot dalam jaringan saraf tiruan pada model tersebut.

3.3 Klasifikasi Citra

Klasifikasi merupakan suatu proses dimana suatu objek dikenali, dipahami, dan dibedakan. Klasifikasi dilakukan dengan memasukkan suatu objek tersebut ke dalam katagori atau kelas. Maka hasil dari klasifikasi tersebut yaitu kumpulan beberapa katagori atau kelas (Oriza Sativa Fiojati, Nani Mintarsih and Yuli Maharetta Arianti, 2023). Dalam melatih model pendekatan *deep learning* pada data citra yang telah dibagi. Dalam penelitian ini, mengadopsi *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan beragam model arsitektur versi *MobileNet* yang digunakan.

a) *MobileNetV1*

MobileNet merupakan sebuah model arsitektur CNN yang didesain efisien dengan 2 set *hyper-parameters* untuk membangun model yang sangat kecil dan latensi rendah yang akan dengan mudah diimplementasikan sesuai kebutuhan mobile dan embedded applications. *MobileNet* dibuat berdasarkan *depthwise separable convolutions* untuk mengurangi komputasi di layer awal (Feriawan *et al.*, 2020). *MobileNet* adalah arsitektur CNN yang bertujuan untuk berkinerja baik pada perangkat seluler.

b) *MobileNetV2*

Arsitektur *MobileNetV2* berbeda dari struktur CNN biasa dengan koneksinya yang berada di antara lapisan *bottleneck*. Selain itu, lapisan ekspansi menengah menggunakan lipatan yang dalam untuk menyaring fitur nonlinier. Dengan 32 lapisan konvolusi awal dan 19 lapisan *bottleneck*, *MobileNetV2* memiliki keunggulan dibandingkan dengan desain *deep learning* lainnya. Terutama, arsitektur ini efektif untuk mengatasi *overfitting* pada dataset kecil dan meningkatkan efisiensi serta mengoptimalkan penggunaan memori (Kaya and Gürsoy, 2023).

c) *MobileNetV3*

Arsitektur *MobileNetV3* adalah penyempurnaan dari *MobileNetV1* dan *MobileNetV2*, peningkatan performa kedua jenis ini terletak pada pengurangan kehilangan informasi dari aktivasi linear dan penggunaan memori yang lebih efisien. Arsitektur CNN ini menawarkan tingkat akurasi yang tinggi dengan latensi yang rendah serta sangat efisien. *MobileNetV3* terdiri dari dua jenis, yaitu

MobileNetV3-Large dan *MobileNetV3-Small*, yang berbeda dalam jumlah dan jenis lapisan yang digunakan (Ashari Rakhmat and Fikri Haekal, 2023)

3.4 Pengembangan Model CNN

Dalam penelitian ini evaluasi model dilakukan dengan menggunakan 2 alat ukur yaitu:

a) *Confusion matrix*

Confusion matrix merupakan metrik yang digunakan untuk menggambarkan kinerja dan mengevaluasi keefektifan suatu model, lalu menggambarkan perbandingan antara hasil prediksi dan keadaan aktual dari data yang dianalisis oleh algoritma *machine learning*, terutama pada model klasifikasi (Sari, Romadloni and Listyaningrum, 2023). Melalui *confusion matrix*, kita dapat menghitung nilai-nilai seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-Score*.

b) Kurva ROC dan AUC

Kurva *Receiver Operating Characteristic (ROC)* menampilkan informasi kinerja algoritma klasifikasi dalam bentuk grafik dapat digunakan atau *Precision-Recall Curve*. Kurva ROC dibuat berdasarkan nilai yang telah didapatkan dari perhitungan dengan *confusion matrix*, yaitu antara *False Positive Rate* dengan *True Positive Rate*. Untuk membandingkan nilai kinerja masing-masing algoritma dapat dilakukan dengan membandingkan luas di bawah kurva atau *Area Under Curve (AUC)* (Kristiawan and Widjaja, 2021).

3.5 Perbandingan Performa Model

Model Akhir dari alur metodologi ini adalah membandingkan performa model *deep learning MobileNet* dengan model alternatif dalam klasifikasi citra *Genus Panthera*. Dalam konteks ini membandingkan *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1-score*, *kappa score* dan efisiensi komputasi antara *MobileNet* dan model-model alternatif. Hasil perbandingan dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi performa dalam klasifikasi citra *Genus Panthera*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengumpulan Data Citra

Pada Gambar 2, merupakan Data citra *Genus Panthera* yang diambil dikumpulkan

menjadi 6 label yaitu, *Jaguar*, *Leopard*, *Lion*, *Lioness*, *Tiger*, dan *SnowTiger*. Dataset citra yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari penelitian (Bismi and Qomaruddin, 2023) dan sumber-sumber terpercaya. Pada Tabel 1 berikut, dapat dilihat jumlah data citra dari masing-masing label.

Tabel 1. Data Citra Genus Panthera

No.	Nama Citra	Jumlah
1.	<i>Jaguar</i>	1.200 Citra
2.	<i>Leopard</i>	1.200 Citra
3.	<i>Lion</i>	1.200 Citra
4.	<i>Lioness</i>	1.200 Citra
5.	<i>Tiger</i>	1.200 Citra
6.	<i>SnowTiger</i>	310 citra
Jumlah Keseluruhan		6.460 citra

Gambar 2. Data Citra *Genus panthera*

4.2 Hasil Pra-Pemrosesan Data Citra

Sebelum dilakukan pra-pemrosesan data citra dilakukan resize dengan ukuran 224x224 piksel dan proses konversi citra agar tampilan warna pada data citra *Genus Panthera* dapat berfungsi dengan baik oleh matplotlib dari BGR ke RGB. Pada pra-pemrosesan data citra menggunakan komputasi untuk pembagiannya,

berikut jumlah pembagiannya dapat terlihat pada Table 2.

Tabel 2. Pembagian Data Citra

No.	Nama Citra	Jumlah
1.	Data Training	5.168 Citra
2.	Data Validation	646 Citra
3.	Data testing	646 Citra

5 Hasil Klasifikasi Data Citra

Hasil klasifikasi data citra *Genus Panthera* adalah penentuan atau pengelompokan citra-citra berdasarkan jenis spesies kucing besar dalam *Genus Panthera*, seperti *Jaguar*, *Leopard*, *Lion*, *Lioness*, *Tiger*, *Snow Tiger* dan menggunakan algoritma atau model yang telah dilatih yaitu *MobileNet*, dengan tujuan untuk mengidentifikasi spesies dengan akurasi yang tinggi.

Type / Stride	Filter Shape	Input Size
Conv / s2	3 x 3 x 3 x 32	224 x 224 x 3
Conv dw / s1	3 x 3 x 32 dw	112 x 112 x 32
Conv / s1	1 x 1 x 32 x 64	112 x 112 x 32
Conv dw / s2	3 x 3 x 64 dw	112 x 112 x 64
Conv / s1	1 x 1 x 64 x 128	56 x 56 x 64
Conv dw / s1	3 x 3 x 128 dw	56 x 56 x 128
Conv / s1	1 x 1 x 128 x 128	56 x 56 x 128
Conv dw / s2	3 x 3 x 128 dw	56 x 56 x 128
Conv / s1	1 x 1 x 128 x 256	28 x 28 x 128
Conv dw / s1	3 x 3 x 256 dw	28 x 28 x 256
Conv / s1	1 x 1 x 256 x 256	28 x 28 x 256
Conv dw / s2	3 x 3 x 256 dw	28 x 28 x 256
Conv / s1	1 x 1 x 256 x 512	14 x 14 x 256
5 x	Conv dw / s1	3 x 3 x 512 dw
	Conv / s1	1 x 1 x 512 x 512
Conv dw / s2	3 x 3 x 512 dw	14 x 14 x 512
Conv / s1	1 x 1 x 512 x 1024	7 x 7 x 512
Conv dw / s2	3 x 3 x 1024 dw	7 x 7 x 1024
Conv / s1	1 x 1 x 1024 x 1024	7 x 7 x 1024
Avg Pool / s1	Pool 7 x 7	7 x 7 x 1024
FC / s1	1024 x 1000	1 x 1 x 1024
Softmax / s1	Classifier	1 x 1 x 100

Gambar 3. Arsitektur *MobileNetV1*

Pada gambar 3. merupakan model arsitektur *MobileNetV1* yang diimplementasikan, memiliki lapisan *Depthwise Convolution* yang merupakan lapisan kedalaman dengan jumlah langkah.

Input	Operator	t	c	n	s
$224^2 \times 3$	Conv2d	-	32	1	2
$112^2 \times 32$	bottleneck	1	16	1	1
$112^2 \times 16$	bottleneck	6	24	2	2
$56^2 \times 24$	bottleneck	6	32	3	2
$28^2 \times 32$	bottleneck	6	64	4	2
$14^2 \times 64$	bottleneck	6	96	3	1
$14^2 \times 96$	bottleneck	6	160	3	2
$7^2 \times 160$	bottleneck	6	320	1	1
$7^2 \times 320$	Conv2d 1×1	-	1280	1	1
$7^2 \times 1280$	Avgpool 7×7	-	-	1	-
$1 \times 1 \times 1280$	Conv2d 1×1	-	k	-	-

Gambar 4. Arsitektur *MobileNetV2*

Pada Gambar 4 arsitektur model *MobileNetV2* yang diimplementasikan, dapat diketahui secara keseluruhan kumpulan blok konvolusional yang sangat sederhana dan umum.

- t berarti tingkat ekspansi saluran yang menggunakan faktor 6 dan bukan 4.
- c mewakili jumlah saluran masukan.
- n seberapa sering blok tersebut diulang.
- s memberi tahu kita apakah pengulangan pertama sebuah blok menggunakan langkah 2 untuk proses *downsampling*

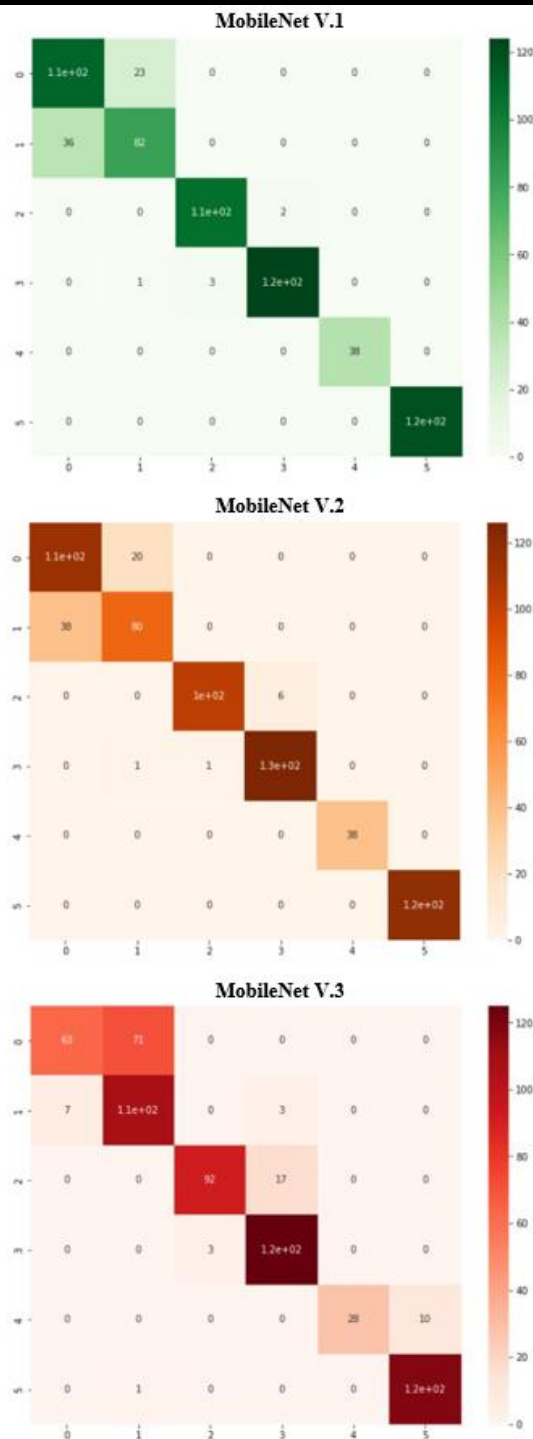
Arsitektur *MobileNetV3* yang diimplementasikan mendefinisikan model *small* dapat dilihat pada Gambar 5.

Input	Operator	exp size	#out	SE	NL	s
$224^2 \times 3$	Conv2d, 3x3	-	16	-	HS	2
$112^2 \times 16$	bneck, 3x3	16	16	✓	RE	2
$56^2 \times 16$	bneck, 3x3	72	24	-	RE	2
$28^2 \times 24$	bneck, 3x3	88	24	-	RE	1
$28^2 \times 24$	bneck, 5x5	96	40	✓	HS	2
$14^2 \times 40$	bneck, 5x5	240	40	✓	HS	1
$14^2 \times 40$	bneck, 5x5	240	40	✓	HS	1
$14^2 \times 40$	bneck, 5x5	120	48	✓	HS	1
$14^2 \times 48$	bneck, 5x5	144	48	✓	HS	1
$14^2 \times 48$	bneck, 5x5	288	96	✓	HS	2
$7^2 \times 96$	bneck, 5x5	576	96	✓	HS	1
$7^2 \times 96$	bneck, 5x5	576	96	✓	HS	1
$7^2 \times 96$	Conv2d, 1x1	-	576	✓	HS	1
$7^2 \times 576$	Pool, 7x7	-	-	-	-	1
$1^2 \times 576$	Conv2d, 1x1, NBN	-	1024	-	HS	1
$1^2 \times 1024$	Conv2d, 1x1, NBN	-	k	-	-	1

Gambar 5. Arsitektur *MobileNetV3-small*

6 Hasil Evaluasi Model CNN

Hasil dari evaluasi klasifikasi citra berdasarkan *confusion matrix* yang kemudian dianalisis untuk menentukan keberhasilan model dalam melakukan klasifikasi citra *Genus Panthera*. Berdasarkan *confusion matrix* dari tiap model yang dapat terlihat pada Gambar 6.



Gambar. 6 Confusion Matrix

Ada 4 kondisi dalam *confusion matrix*:

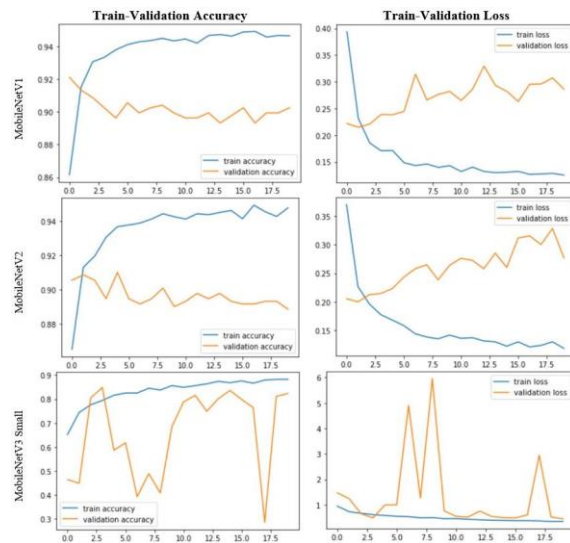
- True Positive (TP)* prediksi *positive*, *real positive*
- True Negative (TN)* prediksi *negative*, *real negative*
- False Positive (FP)* prediksi *positive*, *real negative*
- False Negative (FN)* prediksi *negative*, *real positive*

Dan dari *confusion matrix*, kita dapat menghitung dan mendapatkan nilai-nilai seperti *Accuracy*, *Presisi*, *Recall*, *F1-Score*, dan *Kappa Score* untuk masing-masing model, seperti yang terlihat pada Tabel 3 yang memuat hasil evaluasi kinerja model-model tersebut.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Setiap Model

Model	Acc	Prec	Rec	F1-Sc	Kap Sc
MobileNet V1	89,93%	91%	91%	91%	87,70
MobileNet V2	89,78%	91%	91%	91%	87,50
MobileNet V3 Small	82,26%	88%	82%	83%	78,81

Dalam matriks kebingungan, informasi performa hanya diungkapkan dalam bentuk angka. Untuk secara visual menampilkan kinerja algoritma klasifikasi, digunakan *Receiver Operating Characteristic (ROC)*. Selain itu, untuk membandingkan performa algoritma-algoritma tersebut, kita dapat menggunakan metode perbandingan Area di Bawah Kurva (AUC) seperti pada Gambar 7.



Gambar. 7 Grafik ROC-AUC Setiap Model

7 Hasil Evaluasi Model CNN

Pada Tabel 4 terlihat hasil membandingkan performa model *deep learning MobileNet* dengan model alternatif lain pada penelitian sebelumnya dalam klasifikasi citra *Genus Panthera*.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Performa

Deskripsi	Image Data	Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Kappa Score
Proposed Previous Method	76	Naïve Bayes	81,25%	-	-	-	-
	5600	CNN	68%	74%	68%	65%	-
	6290	DCNN	85,21%	87,16%	86,16%	86,50%	81,91%
	6460	MobileNet V1	89,93%	91%	91%	91%	87,70
	6460	MobileNet V2	89,78%	91%	91%	91%	87,50
	6460	MobileNet V3 Small	82,26%	88%	82%	83%	78,81

Dan berdasarkan hasil dari Tabel 4 terdapat 5 pilihan:

- Model yang memiliki accuracy tertinggi** adalah *MobileNetV1* disusul oleh *MobileNetV2* dan *DCNN*, jika yang dipentingkan adalah seberapa akurat sistem mengklasifikasi dengan benar, accuracy merupakan rasio prediksi benar (positif dan negatif) dengan keseluruhan data.
- Model yang memiliki precision tertinggi** adalah model yang salah memprediksi citra salah padahal sebenarnya sesuai daripada salah memprediksi citra benar padahal sebenarnya salah.

- Model yang memiliki recall tertinggi** adalah model yang lebih baik salah memprediksi citra benar tetapi sebenarnya salah, daripada model salah memprediksi bahwa citranya salah padahal sebenarnya benar.
- Model yang memiliki f1-score tertinggi** adalah model yang memberikan nilai False Positive kecil dan False Negative kecil juga, yakni pengambil keputusan lebih mementingkan *recall* dan *precision* yang tinggi.
- Model yang memiliki kappa score tertinggi** adalah model yang memahami dan

mengidentifikasi apakah data yang dikumpulkan untuk tujuan pelatihan merupakan representasi variabel yang benar atau tidak.

SIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan analisis perbandingan klasifikasi citra *Genus Panthera* dengan pendekatan *deep learning* Model *MobileNet* dengan model alternatif lain dari penelitian sebelumnya. Data citra yang digunakan berjumlah 6.460 yang memiliki 6 label yaitu *Jaguar*, *Leopard*, *Lion*, *Liones*, *Tiger*, serta *Snowtiger* dan terbagi menjadi 3 set data yakni *training*, *validation*, dan *testing*.

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan *proposed method* model *MobileNetV1* memiliki akurasi paling baik yakni sebesar 89,93%, disusul dengan model *MobileNetV2* sebesar 89,78%. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengimplementasikan system kedalam suatu aplikasi dari berbagai *platform* untuk mendeteksi citra *Genus Panthera*

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, G.A. and Riminarsih, D. (2019) 'Klasifikasi Citra Genus Panthera Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn)', *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 24(3), pp. 220–228. Available at: <https://doi.org/10.35760/ik.2019.v24i3.2364>.
- Ashari Rakhmat, G. and Fikri Haekal, M. (2023) 'MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database Peningkatan Performa MobilenetV3 dengan Squeeze-and-Excitation (Studi Kasus Klasifikasi Kesegaran Ikan Berdasarkan Mata Ikan)', *Journal MIND Journal | ISSN*, 8(1), pp. 27–41. Available at: <https://doi.org/10.26760/mindjournal.v8i1.27-41>.
- Asroni, A., Indrawan, G. and Erawati Dewi, L.J. (2023) 'Implementasi Hirarki Dataset Dalam Membangun Model Language Aksara Bali Menggunakan Framework Tesseract OCR', *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 6(1), pp. 20–28. Available at: <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v6i1.1345>.
- Bismi, W. and Qomaruddin, M. (2023) 'Klasifikasi Citra Genus panthera Menggunakan Pendekatan Deep learning Berbasis Convolutional Neural network (CNN)', *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 5(2).
- Bjorndal, M.D. (2016) 'Why big cats are at high risk of extinction due to their exceptional predatory abilities. What conservation strategies are needed?', *USURJ: University of Saskatchewan Undergraduate Research Journal*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.32396/usurj.v2i2.122>.
- C. Gonzalez, R. and E. Woods, R. (2008) *Digital Image Processing*. Third (3). Edited by G. Dulles and T. Benfatti. United State Of America: Pearson Education, Inc. Available at: https://sde.uoc.ac.in/sites/default/files/sde_videos/Digital Image Processing 3rd ed. - R. Gonzalez, R. Woods-ilovepdf-compressed.pdf.
- Dly, I.A. et al. (2023) 'Klasifikasi Citra Daging Sapi dan Babi Menggunakan CNN Alexnet dan Augmentasi Data', 4(4), pp. 1176–1185. Available at: <https://doi.org/10.47065/josh.v4i4.3702>.
- Feriawan, J. et al. (2020) 'Perbandingan Arsitektur Visual Geometry Group dan MobileNet Pada Pengenalan Jenis Kayu', *Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI*, pp. 185–190.
- Hakim, L. et al. (2018) 'Emotion Recognition in Elderly Based on SpO2 and Pulse Rate Signals Using Support Vector Machine', *Proceedings - 17th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, ICIS 2018*, pp. 474–479. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICIS.2018.8466489>.
- Hakim, L. et al. (2021) 'Disease Detection of Dragon Fruit Stem Based on The Combined Features of Color and Texture', *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 5(2), pp. 161–175. Available at: <https://doi.org/10.29407/intensif.v5i2.15287>.
- Hakim, L. et al. (2023) 'Klasifikasi Citra Motif Batik Banyuwangi Menggunakan Convolutional Neural Network', *Jurnal Teknoinfo*, 17(1), p. 203. Available at: <https://doi.org/10.33365/jti.v17i1.2342>.
- Hyun, J.Y. et al. (2021) 'Whole genome survey of big cats (Genus: Panthera) identifies novel microsatellites of utility in conservation genetic study', *Scientific Reports*, 11(1), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92781-0>.

- Ilahiyah, S. and Nilogiri, A. (2018) 'Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network', *JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia)*, 3(2), pp. 49–56.
- Isa, I.G.T. and Junedi, B. (2022) 'Hyperparameter Tuning Epoch dalam Meningkatkan Akurasi Data Latih dan Data Validasi pada Citra Pengendara', *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 12(1), p. 231. Available at: <https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.6697>.
- Kaya, Y. and Gürsoy, E. (2023) 'A MobileNet-based CNN model with a novel fine-tuning mechanism for COVID-19 infection detection', *Soft Computing*, 27(9), pp. 5521–5535. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00500-022-07798-y>.
- Kristiawan, K. and Widjaja, A. (2021) 'Perbandingan Algoritma Machine Learning dalam Menilai Sebuah Lokasi Toko Ritel', *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 7(1), pp. 35–46. Available at: <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i1.3182>.
- Leovincen, A. and Yoannita, Y. (2023) 'Klasifikasi Ras Anjing Berdasarkan Citra Menggunakan Convolutional Neural Network', *Jurnal Algoritme*, 3(2), pp. 160–169. Available at: <https://doi.org/10.35957/algoritme.v3i2.3389>.
- Maulana, F.F. and Rochmawati, N. (2020) 'Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network', *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 1(02), pp. 104–108. Available at: <https://doi.org/10.26740/jinacs.v1n02.p104-108>.
- Mawarni, D.I. et al. (2023) 'Metode Digital Image Processing Untuk Menentukan Distribusi Ukuran Diameter Gelembung Udara Pada Microgelembung Generator', *Journal of Information System Management (JOISM)*, 4(2), pp. 132–136. Available at: <https://doi.org/10.24076/joism.2023v4i2.977>.
- Oriza Sativa Fiojati, Nani Mintarsih and Yuli Maharetta Arianti (2023) 'Perbandingan Algoritma Efficientnetb0 Dan Inceptionv3 Dalam Klasifikasi Citra Jenis Anjing', *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(2), pp. 12–16. Available at: <https://doi.org/10.56127/juit.v2i2.677>.
- Putri, S.T.E. and Fahrurrozi, A. (2022) 'Pendeteksian Objek Pada Citra Hewan Karnivora Dan Herbivora Menggunakan Faster R-Cnn', *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 27(1), pp. 32–42. Available at: <https://doi.org/10.35760/ik.2022.v27i1.5858>.
- Rozaqi, A.J., Sunyoto, A. and Arief, M. rudyanto (2021) 'Deteksi Penyakit Pada Daun Kentang Menggunakan Pengolahan Citra dengan Metode Convolutional Neural Network', *Creative Information Technology Journal*, 8(1), p. 22. Available at: <https://doi.org/10.24076/citec.2021v8i1.263>.
- Sari, L., Romadloni, A. and Listyaningrum, R. (2023) 'Penerapan Data Mining dalam Analisis Prediksi Kanker Paru Menggunakan Algoritma Random Forest', *Infotekmesin*, 14(1), pp. 155–162. Available at: <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i1.1751>.
- Supiyani, I. and Arifin, N. (2022) 'Identifikasi Nomor Rumah Pada Citra Digital Menggunakan Neural Network', *METHODIKA: Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 8(1), pp. 18–21. Available at: <https://doi.org/10.46880/mtk.v8i1.921>.
- Suryanto, A. et al. (2014) 'PENGKLASIFIKASI GENUS PANTHERA (HARIMAU, SINGA, JAGUAR DAN MACAN TUTUL) DENGAN METODE NAIVE BAYES', *Universitas Brawijaya*, p. 5.
- Wei, L. et al. (2011) 'Mitogenomic analysis of the genus Panthera', *Science China Life Sciences*, 54(10), pp. 917–930. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11427-011-4219-1>.
- Wulandari, I., Yasin, H. and Widiari, T. (2020) 'Klasifikasi Citra Digital Bumbu Dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn)', *Jurnal Gaussian*, 9(3), pp. 273–282. Available at: <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v9i3.27416>.