



Klasifikasi Gambar

Politeknik Negeri Semarang
Prayitno, S.ST., M.T., Ph.D.



Prayitno
<http://Prayitno.web.id>



Prayitno
<http://Prayitno.web.id>



Prayitno

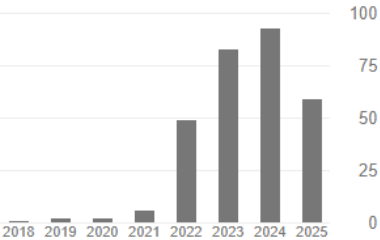
FOLLOWING

Politeknik Negeri Semarang
Verified email at polines.ac.id - [Homepage](#)
[Deep Learning](#) [Federated Learning](#) [AI on Education](#)

<input type="checkbox"/>	TITLE	CITED BY	YEAR
<input type="checkbox"/>	Application of MobileNetV2-Based Deep Learning in Detecting Diseases in Chili Plants NB Aji, TR Yudiantoro, Z Safitri, SB Kuntardjo, M Mardiyono, P Prayitno, ... Journal of Informatics Information System Software Engineering and ...		2025
<input type="checkbox"/>	Implementation of Web-Based Marketing System Technology for Bakat Jaya MSMEs, Magelang NB Aji, TR Yudiantoro, M Mardiyono, K Kurnianingsih, MI Yanwari, ... Society: Jurnal Pengabdian Masyarakat 4 (3), 460-467		2025
<input type="checkbox"/>	Information Retrieval Related to Information Regarding Covid-19 Using Transformers Architecture W Wiktasari, P Prayitno, VS Kartika, EE Lavindi, NR Ardhana, ... Jurnal Teknik Informatika (Jutif) 6 (2), 741-754		2025
<input type="checkbox"/>	YOLO-CE for Accurate Livestock Detection in Challenging Landfill Environments. Prayitno, Wiktasari, NB Aji, AH Su'udy, AU Safitri, H Maghfiroh, E Prasetyo, ... International Journal of Intelligent Engineering & Systems 18 (4)		2025
<input type="checkbox"/>	MoNetViT: An Efficient Fusion of CNN and Transformer Technologies for Visual Navigation Assistance with Multi Query Attention L Triyono, R Gernowo, Prayitno Frontiers in Computer Science 7, 1510252	1	2025
<input type="checkbox"/>	Smart Harvest: Web-Integrated Ripeness Detection for Apples with CNN Algorithm. Sunardi, Prayitno, BP Kamiel, AD Saputri, ZH Muizza, A Yobioktabera Ingénierie des Systèmes d'Information 29 (6)		2024
<input type="checkbox"/>	Optimizing Indoor Navigation Systems Through Ensemble Deep Learning Techniques for ArUco Marker Detection. L Triyono, R Gernowo, P Prayitno International Journal of Intelligent Engineering & Systems 17 (6)		2024
<input type="checkbox"/>	An 8-bit Quantized Globalization Model for Cat Skin Disease Detection Using Convolutional Neural Networks and TensorFlow Lite KT Putra, H Zidni, R Turrizka, HT Chu, DT Vu, Prayitno 2024 International Conference on Information Technology and Computing ...		2024
<input type="checkbox"/>	Optimizing the Performance of AI Model for Non-Invasive Continuous Glucose Monitoring: Hyperparameter Tuning and Random Oversampling Approach K Putra, MP Kusumo, Prayitno, D Wicaksana, AZ Arrayyan, SG Pratama, ... JOIV: International Journal on Informatics Visualization 8 (2)	1	2024
<input type="checkbox"/>	Penerapan Teknologi Sistem Penilaian Guru di Yayasan Islam Nurus Sunnah W Wiktasari, TR Yudiantoro, M Mardiyono, K Kurnianingsih, W Sulistiyono, ... Abditeknika Jurnal Pengabdian Masyarakat 4 (1), 8-16		2024
<input type="checkbox"/>	Neural Network Analysis For The Detection Of Brain Tumors Using Orange Application P Prayitno, AM Charisma, R Nugroho International Conference on Applied Science and Technology on Engineering ...		2024

Cited by

	All	Since 2020
Citations	319	315
h-index	6	6
i10-index	4	4



Co-authors

[EDIT](#)

	Karisma Trinanda Putra Department of Electrical Enginee...	>
	Hsing-Chung Chen Asia University	>
	Liliek Triyono Politeknik Negeri Semarang	>
	zon-yin Shae Asia University, Taiwan	>
	Eko Prasetyo Lecturer, Universitas Muhammad...	>
	Anwar Sukito Ardjo Politeknik Negeri Semarang	>
	Sunardi Department of Mechanical Engin...	>
	Rani Raharjanti Politeknik Negeri Semarang	>

Apa itu Klasifikasi Gambar?

Klasifikasi gambar adalah proses memberikan label pada sebuah citra berdasarkan kategori yang sudah ditentukan sebelumnya.

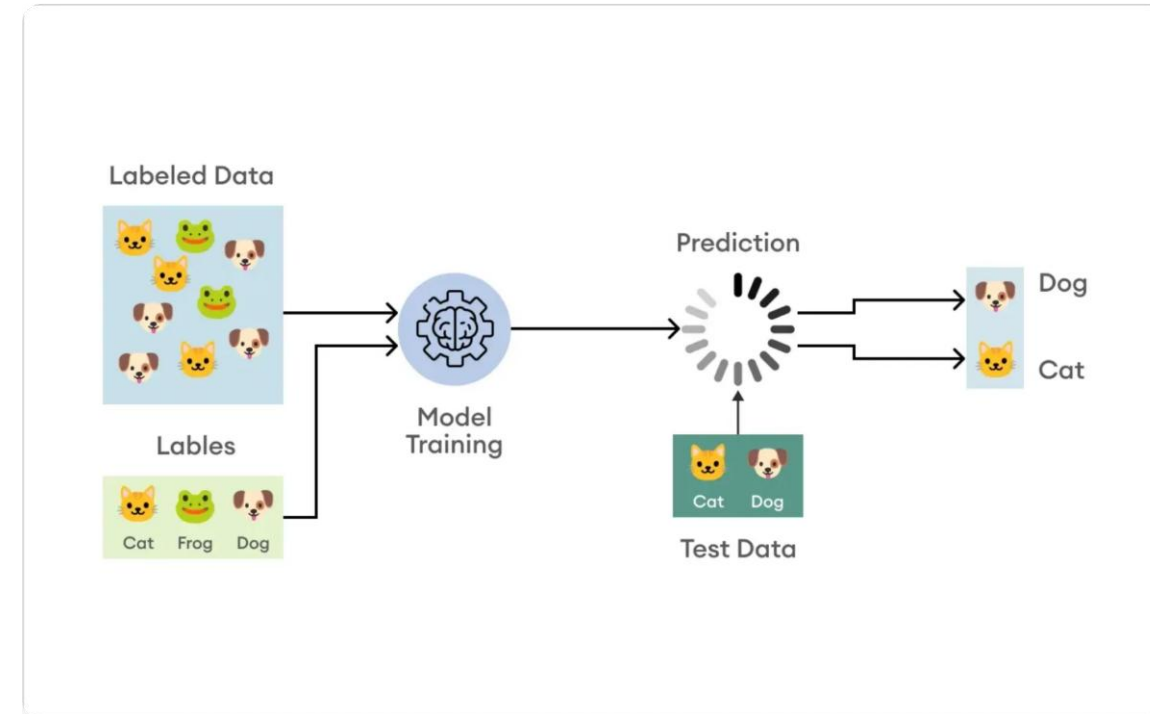
Dalam formulasi matematis, klasifikasi gambar bertujuan mempelajari fungsi $f: \mathbf{I} \rightarrow \mathbf{C}$, yang memetakan sebuah citra \mathbf{I} ke kelas \mathbf{C} .

Jenis Klasifikasi:

- ✓ **Binary classification:** hanya dua kelas (misalnya "defect" dan "non-defect")
- ✓ **Multi-class classification:** banyak kelas, tetapi setiap gambar hanya memiliki satu label
- ✓ **Multi-label classification:** sebuah gambar bisa memiliki lebih dari satu label

Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari:

- 📷 Pengenalan wajah di smartphone
- 🚗 Deteksi objek pada kendaraan otonom
- 🏥 Diagnosis medis dari citra radiologi



Tantangan dalam Klasifikasi Gambar

↔ Intra-class Variation

Objek dalam kelas yang sama bisa sangat berbeda

↔ Inter-class Similarity

Objek dari kelas berbeda tampak mirip

📷 Viewpoint Variation

Objek terlihat berbeda dari sudut pandang berbeda

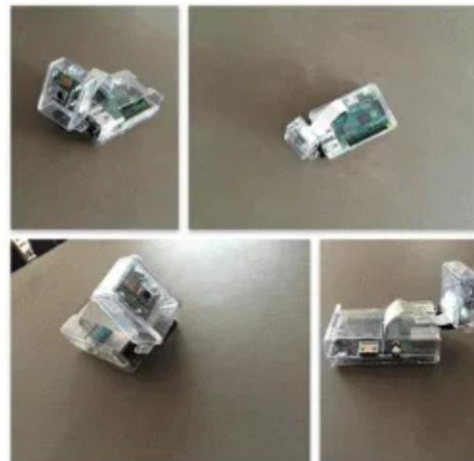
💡 Iluminasi dan Skala

Cahaya dan ukuran memengaruhi hasil citra

✂ Occlusion dan Clutter

Objek tertutup sebagian atau latar belakang rumit

Viewpoint Variation



Scale Variation



Deformation



Occlusion Variation



Illumination Variation



Background Clutter



Intra-class Variation



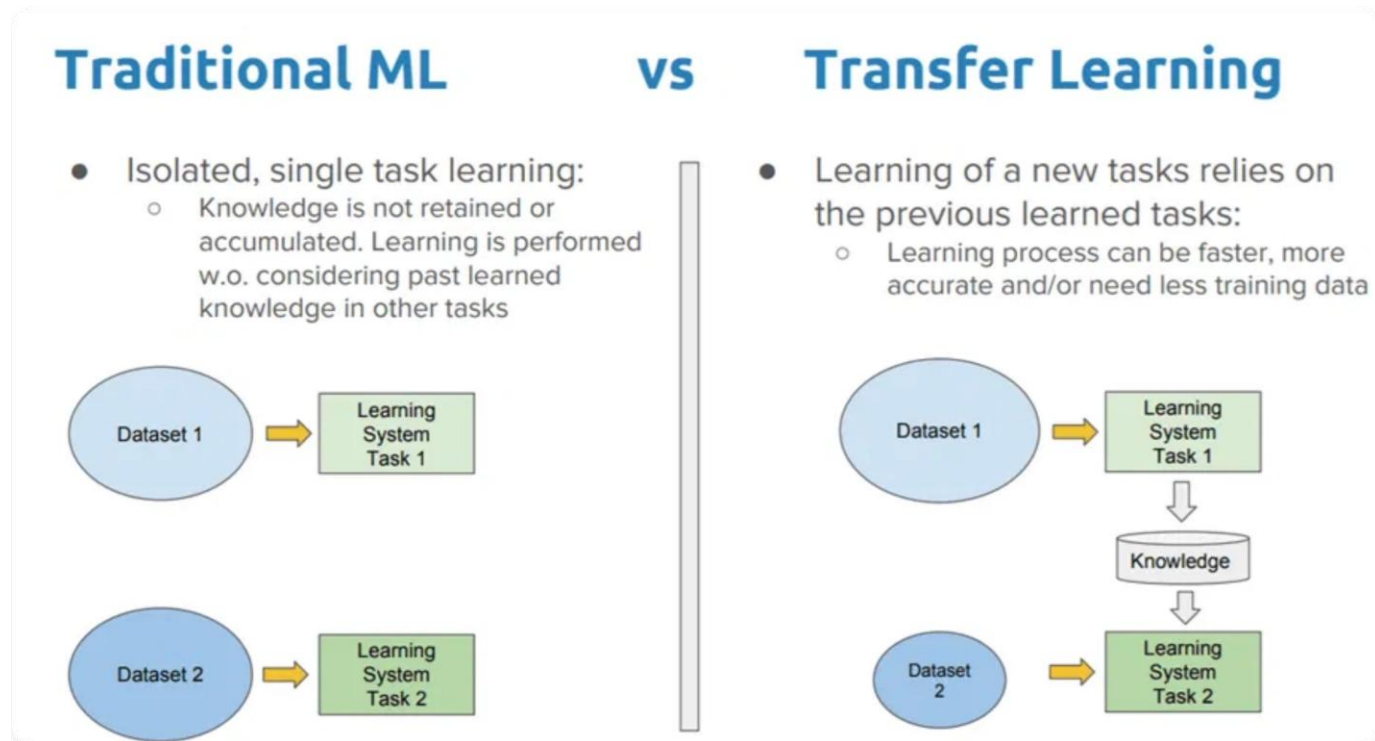
Pendekatan Tradisional vs Deep Learning

🕒 Metode Tradisional

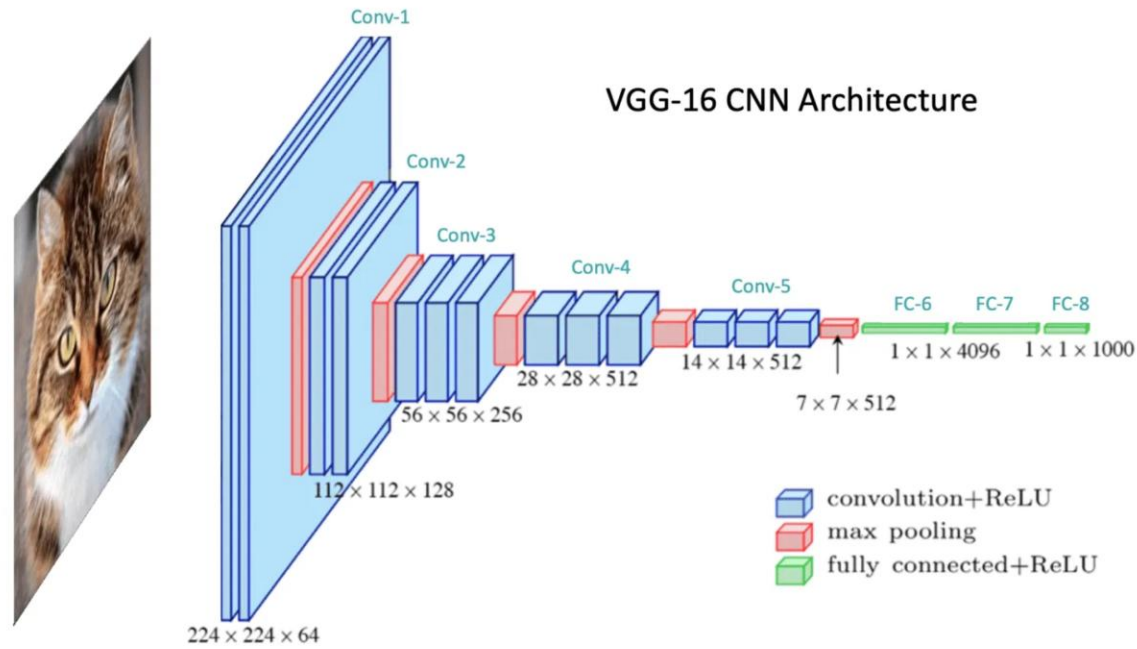
- ⚙️ Ekstraksi fitur manual (SIFT, SURF, HOG)
- 🔍 Klasifikasi dengan SVM, Random Forest, k-NN
- 👛 Bag of Visual Words (BoVW)
- ⚠️ Keterbatasan: membutuhkan feature engineering manual

🧠 Deep Learning

- 🤖 CNN untuk ekstraksi fitur otomatis
- 🏗️ End-to-end learning
- 📊 Hierarki fitur dari sederhana ke kompleks
- ✅ Keunggulan: performa lebih baik untuk data kompleks



Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)



Convolutional Layer

Mengekstrak pola seperti tepi dan tekstur

Pooling Layer

Mereduksi dimensi sambil mempertahankan informasi

Fully Connected Layer

Menggabungkan fitur untuk klasifikasi akhir

Softmax Output

Menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas

</> Implementasi CNN dengan TensorFlow/Keras

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import models

# Membangun model CNN sederhana
model = models.Sequential([
    # Convolutional Layer 1
    layers.Conv2D(32, (3,3), activation='relu',
                  input_shape=(28,28,1)),
    layers.MaxPooling2D((2,2)),

    # Convolutional Layer 2
    layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2,2)),

    # Flatten untuk fully connected
    layers.Flatten(),
```

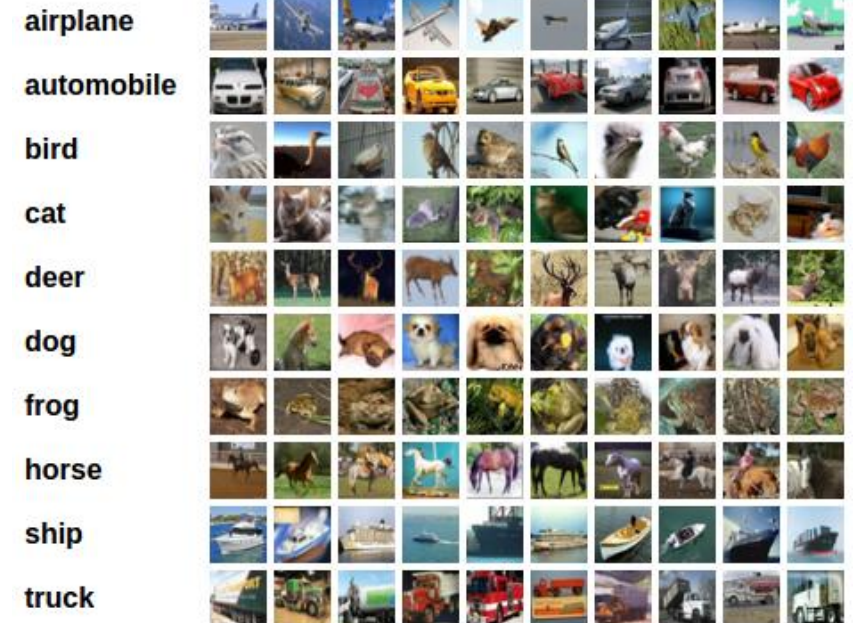
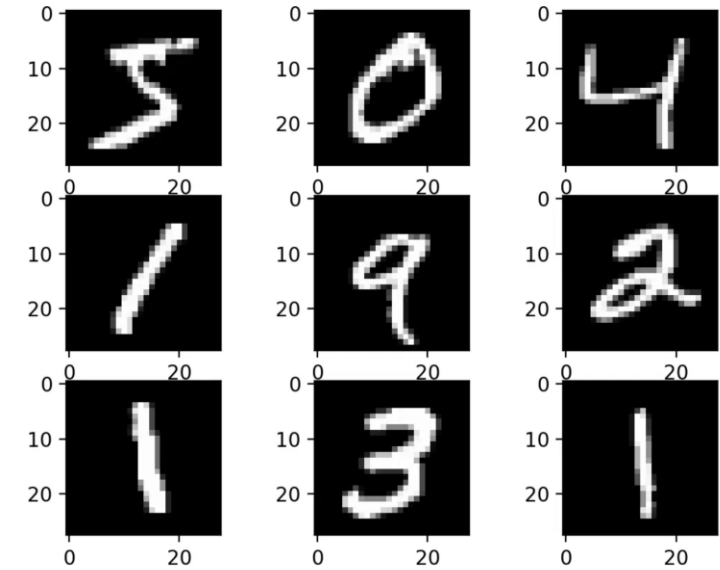
Dataset untuk Praktikum

MNIST Dataset

- ✓ 70,000 gambar digit tulisan tangan (0-9)
- ✓ Grayscale dengan ukuran 28x28 pixel
- ✓ 60,000 gambar untuk training, 10,000 untuk testing
- ✓ Dataset pemula yang ideal untuk belajar klasifikasi

CIFAR-10 Dataset

- ✓ 60,000 gambar berwarna dengan ukuran 32x32 pixel
- ✓ 10 kelas: pesawat, mobil, burung, kucing, rusa, anjing, katak, kuda, kapal, dan truk
- ✓ 50,000 gambar untuk training, 10,000 untuk testing
- ✓ Lebih menantang dari MNIST karena gambar berwarna dan lebih kompleks



Transfer Learning dan Fine-Tuning

⇄ Konsep Transfer Learning

Memanfaatkan model yang sudah dilatih pada dataset besar (misalnya ImageNet) untuk menyelesaikan tugas baru dengan data terbatas

🔗 Dua Pendekatan

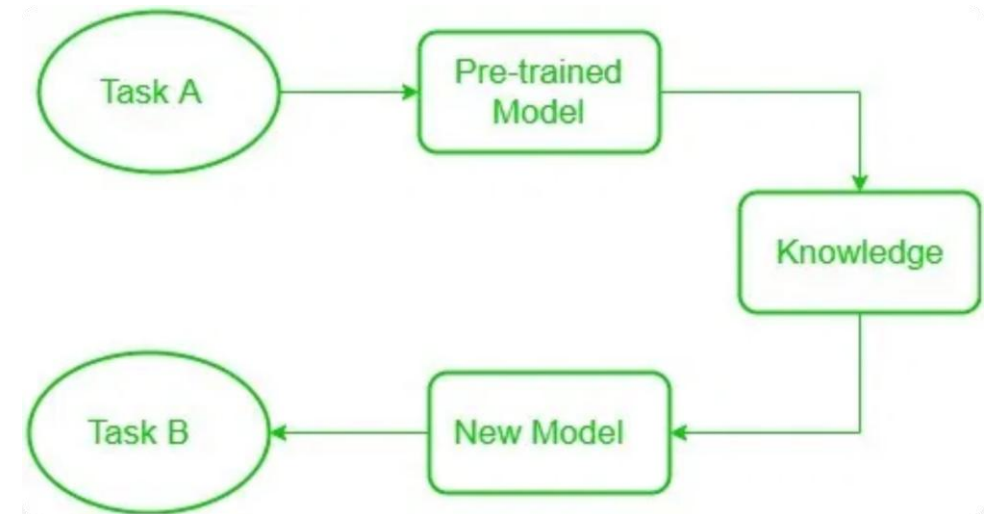
- 1. Feature extraction:** Menggunakan CNN pra-latih sebagai ekstraktor fitur, lalu melatih classifier baru
- 2. Fine-tuning:** Menyesuaikan (update) bobot CNN pra-latih dengan dataset baru

✓ Keuntungan

- Lebih hemat data training (efektif untuk dataset kecil)
- Waktu pelatihan lebih singkat
- Performa lebih baik dibanding melatih dari awal
- Mengatasi masalah overfitting pada dataset kecil

📦 Model Pre-trained Populer

VGG16, ResNet50, InceptionV3, EfficientNet, MobileNet



Evaluasi Model Klasifikasi

🎯 Accuracy

Rasio prediksi benar terhadap total prediksi

🎯 Precision

Seberapa tepat prediksi positif ($TP / (TP + FP)$)

🔍 Recall (Sensitivity)

Kemampuan mendeteksi semua data positif ($TP / (TP + FN)$)

⚖️ F1-score

Harmonisasi precision dan recall ($2 * (P * R) / (P + R)$)

📊 Confusion Matrix

Menampilkan detail kesalahan per kelas (True Positive, False Positive, True Negative, False Negative)

📈 ROC & AUC

Mengukur performa pada berbagai ambang batas (threshold)

		Predicted Class		
		Positive	Negative	
Actual Class	Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN) Type II Error	Sensitivity $\frac{TP}{(TP + FN)}$
	Negative	False Positive (FP) Type I Error	True Negative (TN)	Specificity $\frac{TN}{(TN + FP)}$
		Precision $\frac{TP}{(TP + FP)}$	Negative Predictive Value $\frac{TN}{(TN + FN)}$	Accuracy $\frac{TP + TN}{(TP + TN + FP + FN)}$

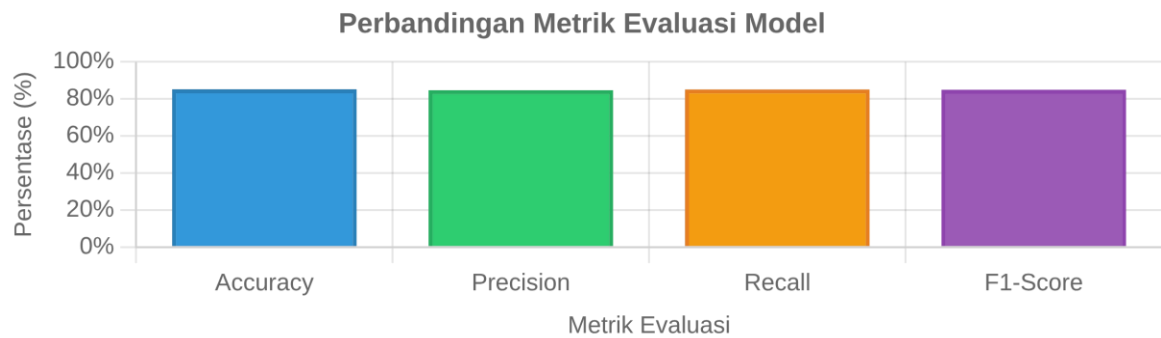
Contoh Evaluasi Model: Metrik Kinerja dan Interpretasi

Hasil Evaluasi Model CNN pada CIFAR-10

Metrik	Nilai	Interpretasi
Accuracy	85.2%	Baik
Precision	84.7%	Baik
Recall	85.1%	Baik
F1-Score	84.9%	Seimbang

Confusion Matrix (Kucing vs Anjing)

Aktual	Prediksi	
	Kucing	Anjing
Kucing	920	80
Anjing	120	880



Interpretasi Accuracy

85.2%: Model mengklasifikasikan dengan benar 85.2% dari total data test. Performa baik untuk CIFAR-10.

Precision vs Recall

Precision 84.7%: Dari prediksi positif, 84.7% benar.
Recall 85.1%: Mendeteksi 85.1% kasus positif sebenarnya.

F1-Score

84.9%: Nilai seimbang antara precision dan recall, model tidak bias.

Analisis Kesalahan

False Positive (120): Anjing salah diklasifikasi sebagai kucing.
False Negative (80): Kucing gagal terdeteksi.

Rekomendasi

- Data augmentasi untuk mengurangi overfitting
- Transfer learning dengan model pre-trained
- Sesuaikan threshold klasifikasi

Analisis Kesalahan Klasifikasi: False Positives & False Negatives

✖ False Positives

Anjing yang Diprediksi sebagai Kucing



Aktual: Anjing
Prediksi: Kucing (87%)

Mengapa salah: Wajah bulat, telinga kecil, dan postur duduk menyerupai kucing domestik.



Aktual: Anjing
Prediksi: Kucing (79%)

Mengapa salah: Ukuran kecil, bulu halus, dan bentuk mata mirip kucing membingungkan model.

⚠ False Negatives

Kucing yang Diprediksi sebagai Anjing



Aktual: Kucing
Prediksi: Anjing (82%)

Mengapa salah: Telinga besar, moncong memanjang, dan postur berdiri menyerupai anjing kecil.



Aktual: Kucing
Prediksi: Anjing (75%)

Mengapa salah: Pose tidak biasa dengan lidah menjulur (perilaku umum anjing) dan angle foto yang menyerupai anjing.

Analisis Kesalahan Klasifikasi: False Positives & False Negatives

✖ False Positives

Anjing yang Diprediksi sebagai Kucing



Aktual: Anjing

Prediksi: Kucing (79%)

Mengapa salah: Ukuran kecil, bulu halus, dan bentuk mata mirip kucing membingungkan model.

⚠ False Negatives

Kucing yang Diprediksi sebagai Anjing



Aktual: Kucing

Prediksi: Anjing (75%)

Mengapa salah: Pose tidak biasa dengan lidah menjulur (perilaku umum anjing) dan angle foto yang menyerupai anjing.

🔑 Pelajaran dari Kesalahan Klasifikasi

Penyebab: Inter-class similarity, pose tidak biasa, pencahayaan dan sudut foto yang tidak optimal.

Solusi: Data augmentasi, fine-tuning dengan data beragam, dan ensemble methods.

Rangkuman Praktikum (D1-D6)

D1: Pengenalan dengan MNIST

Memulai klasifikasi gambar dengan dataset sederhana

D2: Klasifikasi dengan SVM

Menggunakan Support Vector Machine untuk MNIST

D3: CNN Sederhana

Membangun CNN untuk klasifikasi digit tulisan tangan

D4: CNN untuk CIFAR-10

Eksperimen dengan dataset gambar berwarna

D5: Transfer Learning

Menggunakan model pre-trained VGG16/ResNet50

D6: Evaluasi Model

Mengevaluasi dengan metrik performa komprehensif

Kesimpulan dan Aplikasi

Pembelajaran Utama

- ✓ CNN menunjukkan performa superior dibandingkan metode tradisional dalam klasifikasi gambar
- ✓ Transfer learning sangat efektif untuk dataset kecil, menghemat waktu dan sumber daya komputasi
- ✓ Evaluasi komprehensif (tidak hanya akurasi) penting untuk memahami performa model secara menyeluruh
- ✓ Tantangan seperti variasi sudut pandang dan iluminasi dapat diatasi dengan data augmentasi dan arsitektur yang tepat

Aplikasi di Dunia Nyata



Medical Imaging: Deteksi kanker kulit, analisis citra radiologi, dan diagnosis penyakit



Autonomous Vehicles: Deteksi objek, pengenalan rambu lalu lintas, dan navigasi



E-commerce: Pencarian produk visual, rekomendasi produk berdasarkan gambar



Security: Pengenalan wajah, deteksi aktivitas mencurigakan, dan pengawasan



Agriculture: Deteksi penyakit tanaman, identifikasi hama, dan pemantauan pertumbuhan