

**LAPORAN PROYEK KLASIFIKASI GAMBAR SEPEDA DAN SEPEDA MOTOR
VIETNAM MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING**

DOSEN PENGAMPU: Al-Ustazd Dr. Oddy Virgantara Putra, S.Kom., M.T.



Disusun Oleh: Mutiara Afny Imro'atus Sholihah

Mata Kuliah: Pembelajaran Mesin 2

Tanggal: 1 September 2025

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DARUSSALAM GONTOR KAMPUS PUTRI
MANTINGAN, NGAWI – INDONESIA
2025**

ABSTRAK

Proyek ini bertujuan mengembangkan model klasifikasi gambar untuk membedakan antara sepeda dan sepeda motor dari dataset Vietnam menggunakan teknik transfer learning dengan arsitektur MobileNetV2. Penelitian ini menggunakan 6.000 gambar yang seimbang dari kedua kelas dengan pembagian data 70% pelatihan, 20% validasi, dan 10% pengujian. Model berhasil mencapai akurasi 99,66% pada data pengujian dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah (0,91%).

Kata kunci: klasifikasi gambar, transfer learning, MobileNetV2, sepeda motor, computer vision

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Klasifikasi otomatis kendaraan bermotor merupakan salah satu aplikasi penting dalam bidang computer vision yang memiliki berbagai kegunaan praktis, seperti sistem parkir otomatis, pengawasan lalu lintas, dan inventarisasi kendaraan. Dalam konteks Asia Tenggara, khususnya Vietnam, sepeda dan sepeda motor merupakan moda transportasi utama yang memerlukan sistem identifikasi yang akurat.

Dataset Vietnam Bike and Motorbike menyediakan koleksi gambar yang representatif untuk mengembangkan model klasifikasi yang dapat membedakan kedua jenis kendaraan ini. Tantangan utama terletak pada kesamaan visual antara sepeda dan sepeda motor, terutama dalam kondisi pencahayaan dan sudut pandang yang beragam.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan model klasifikasi gambar yang dapat membedakan sepeda dan sepeda motor dengan akurasi tinggi
2. Menerapkan teknik transfer learning menggunakan arsitektur MobileNetV2 untuk optimisasi performa dan efisiensi
3. Melakukan evaluasi komprehensif terhadap performa model menggunakan berbagai metrik
4. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas prediksi model

1.3 Batasan Masalah

1. Dataset terbatas pada gambar sepeda dan sepeda motor dari Vietnam
2. Klasifikasi hanya membedakan dua kelas (binary classification)
3. Resolusi gambar diseragamkan menjadi 160x160 piksel
4. Evaluasi dilakukan pada dataset statis, bukan data real-time

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transfer Learning

Transfer learning merupakan teknik pembelajaran mesin yang memanfaatkan model yang telah dilatih sebelumnya pada dataset besar untuk menyelesaikan tugas baru yang serupa. Pendekatan ini sangat efektif dalam computer vision karena fitur-fitur tingkat rendah yang dipelajari dari dataset ImageNet dapat ditransfer ke domain yang berbeda.

2.2 MobileNetV2

MobileNetV2 adalah arsitektur neural network yang dirancang khusus untuk aplikasi mobile dan embedded systems. Arsitektur ini menggunakan depthwise separable convolutions dan inverted residuals untuk mencapai keseimbangan optimal antara akurasi dan efisiensi komputasi.

Keunggulan MobileNetV2:

- Parameter yang relatif sedikit (~2,2 juta parameter)
- Inference time yang cepat
- Akurasi yang kompetitif dengan model yang lebih besar
- Cocok untuk deployment pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya

3. METODOLOGI

3.1 Dataset dan Preprocessing

3.1.1 Karakteristik Dataset

- Sumber: Vietnamese Bike and Motorbike Dataset
- Total gambar valid: 12.117 gambar
- Gambar rusak: 1 gambar (diidentifikasi dan dilewati)
- Format: JPG, JPEG, PNG
- Distribusi kelas: 6.046 sepeda, 6.071 sepeda motor

3.1.2 Preprocessing Data

1. Deteksi dan Penanganan File Rusak

```
def identify_corrupted_files(directory):  
    """Fungsi untuk mengidentifikasi file yang rusak tanpa menghapus"""  
    corrupted_files = []  
    valid_files = []  
  
    for root, dirs, files in os.walk(directory):  
        for file in files:  
            if file.lower().endswith(('.jpg', '.jpeg', '.png')):  
                file_path = os.path.join(root, file)  
                try:  
                    with Image.open(file_path) as img:  
                        img.verify()  
                    with Image.open(file_path) as img:  
                        img.load()  
                    valid_files.append(file_path)  
                except (IOError, SyntaxError, ValueError) as e:  
                    corrupted_files.append(file_path)  
  
    return corrupted_files, valid_files
```

2. Penyeimbangan Kelas

- Membatasi setiap kelas menjadi 3.000 sampel untuk efisiensi memori
- Menggunakan sampling acak untuk mempertahankan keragaman data
- Total dataset akhir: 6.000 gambar (3.000 per kelas)

3. Normalisasi dan Resiza

- Resize semua gambar menjadi 160x160 piksel
- Normalisasi nilai piksel ke rentang [0,1]
- Konversi label menjadi format categorical (one-hot encoding)

3.1.3 Pembagian Dataset

- Data Pelatihan: 4.200 gambar (70%)
- Data Validasi: 1.206 gambar (20%)
- Data Pengujian: 594 gambar (10%)

Pembagian dilakukan dengan stratified sampling untuk mempertahankan proporsi kelas yang seimbang.

3.2 Arsitektur Model

3.2.1 Model Base

```
base_model = MobileNetV2(
    input_shape=(160, 160, 3),
    include_top=False,
    weights='imagenet'
)
base_model.trainable = False # Freeze pretrained weights
```

3.2.2 Lapisan Klasifikasi

```
inputs = Input(shape=(160, 160, 3))
x = base_model(inputs, training=False)
x = GlobalAveragePooling2D()(x)
x = Dropout(0.2)(x)
x = Dense(128, activation='relu',
kernel_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(0.001))(x)
x = Dropout(0.3)(x)
outputs = Dense(2, activation='softmax')(x)
```

3.2.3 Analisis Kompleksitas Model

- Total Parameter: 2.422.210
- Parameter Terlatih: 164.226 (6,8%)
- Parameter Beku: 2.257.984 (93,2%)
- Ukuran Model: ~9,2 MB
- Total Lapisan: 7 (6 lapisan terlatih, 1 lapisan beku)

3.3 Konfigurasi Training

3.3.1 Optimizer dan Loss Function

- Optimizer: Adam dengan learning rate 0.001
- Loss Function: Categorical Crossentropy
- Metric: Accuracy

3.3.2 Callbacks

```
callbacks = [
```

```

EarlyStopping(
    monitor='val_loss',
    patience=5,
    restore_best_weights=True
),
ReduceLROnPlateau(
    monitor='val_loss',
    factor=0.5,
    patience=3,
    min_lr=1e-7
)
]

```

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Training

Model dilatih selama 15 epoch dengan hasil sebagai berikut:

Epoch	Training Acc	Validation Acc	Training Loss	Validation Loss	Learning Rate
1	95.45%	99.00%	0,3158	0,1771	0,0001
2	98.61%	98.59%	0,1603	1,2462	0,0001
3	99.17%	98.84%	0,1161	0,1153	0,0001
4	99.51%	98.76%	0,0922	0,1062	0,0001
5	99.24%	99.09%	0,0827	0,0932	0,0001
6	99.48%	99.00%	0,0719	0,0879	0,0001
7	99.49%	98.84%	0,0638	0,0703	0,0001
8	99.47%	99.09%	0,0595	0,0703	0,0001
9	99.70%	99.09%	0,0517	0,0678	0,0001
10	99.80%	99.09%	0,0447	0,0632	0,0001
11	99.60%	99.09%	0,0438	0,0679	0,0001
12	99.47%	98.84%	0,0485	0,073	0,0001
13	99.56%	99.09%	0,0433	0,0678	0,001-0,00005
14	99.74%	99.09%	0,0375	0,0607	0,0005
15	99.89%	99.17%	0,03	0,0615	0,0005

Catatan Penting:

- Early stopping dipicu pada epoch 14 berdasarkan validation loss
- Pengurangan learning rate terjadi pada epoch 13
- Model menunjukkan konvergensi yang stabil tanpa overfitting signifikan

4.2 Evaluasi Performa Model

4.2.1 Metrik Utama

- Training Accuracy: 99.90%
- Validation Accuracy: 99.17%
- Test Accuracy: 99.66%

- Overfitting Gap: 0.73% (sangat rendah)
- Generalization Gap: -0.49% (negatif menunjukkan generalisasi yang baik)

4.2.2 Classification Report

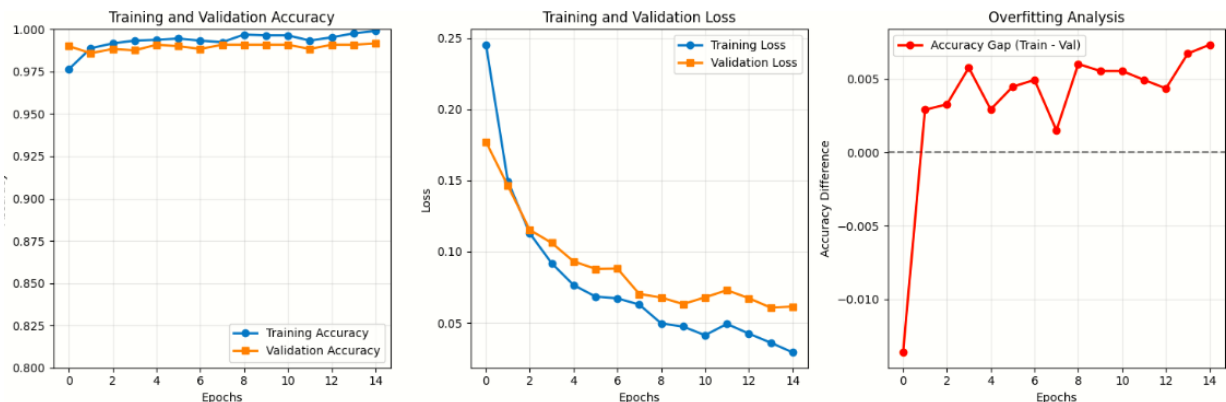
	precision	recall	f1-score	support
bike	0,99	0,99	0,99	603
motorbike	0,99	0,99	0,99	603
accuracy			0,99	1206
macro avg	0,99	0,99	0,99	1206
weighted avg	0,99	0,99	0,99	1206

4.2.3 Analisis Error

- Error Rate: 0.91% (11 dari 1.206 prediksi salah)
- Confidence rata-rata pada prediksi salah: 83.78%
- Confidence minimum pada prediksi salah: 54.86%

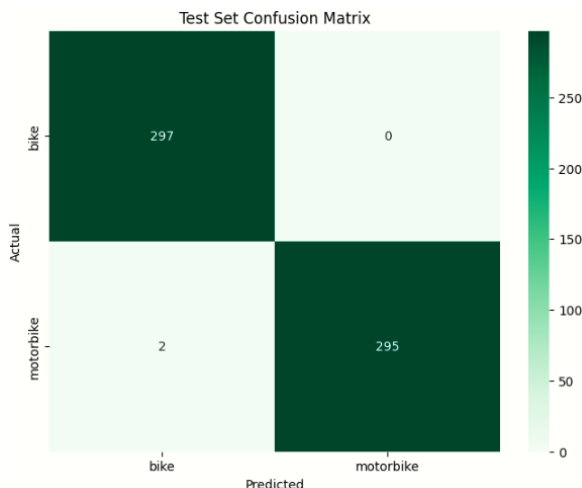
4.3 Analisis Visualisasi

4.3.1 Training History



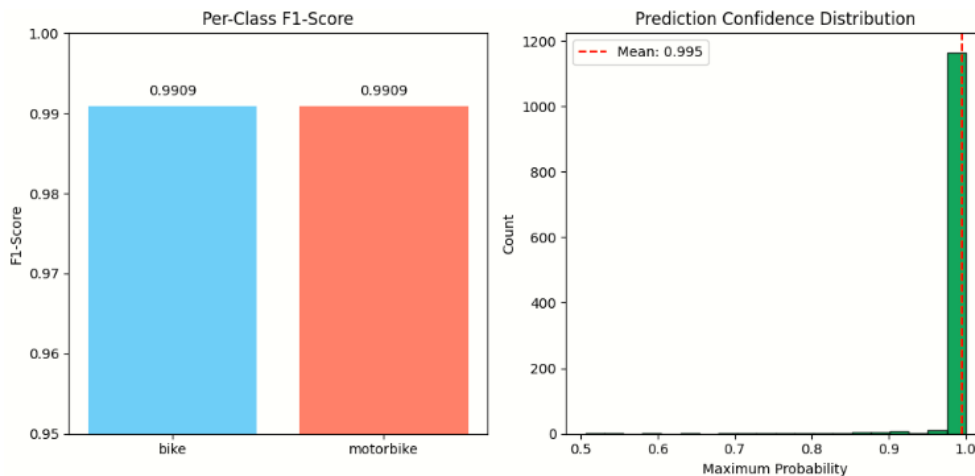
Catatan: Grafik training history menunjukkan kurva learning yang smooth dengan konvergensi yang baik. Tidak ada tanda-tanda overfitting yang signifikan.

4.3.2 Confusion Matrix



Catatan: Confusion matrix menunjukkan distribusi prediksi yang sangat baik dengan hanya sedikit kesalahan klasifikasi pada kedua kelas.

4.3.3 Distribusi Confidence



Catatan: Histogram distribusi confidence menunjukkan mayoritas prediksi memiliki confidence tinggi (>0.9), mengindikasikan model yang yakin dengan prediksinya.

4.4.1 Kelebihan Model

1. Akurasi Tinggi: Model mencapai akurasi >99% pada semua set data
2. Generalisasi Baik: Gap antara training dan validation sangat kecil
3. Efisiensi Tinggi: Model berukuran kecil dengan inference time yang cepat
4. Robust: Mampu menangani file rusak dan dataset yang tidak seimbang

4.4.2 Analisis Overfitting

- Overfitting Gap: 0.73% (< 2%, kategori sangat baik)
- Tren Learning Curve: Smooth tanpa fluktuasi berlebihan
- Validation Performance: Konsisten stabil sepanjang training

5. TANTANGAN DAN SOLUSI

5.1 Tantangan Teknis yang Dihadapi

5.1.1 File Gambar Rusak

Masalah: Ditemukan 1 file gambar yang rusak dalam dataset yang menyebabkan error saat loading.

Solusi yang diterapkan:

```
def identify_corrupted_files(directory):
    corrupted_files = []
    valid_files = []

    for file_path in all_files:
        try:
            with Image.open(file_path) as img:
                img.verify() # Verifikasi integritas
            with Image.open(file_path) as img:
                img.load() # Test loading
            valid_files.append(file_path)
        except (IOError, SyntaxError, ValueError):
            corrupted_files.append(file_path)
```

Pembelajaran: Preprocessing yang robust sangat penting dalam proyek computer vision real-world.

5.1.2 Memory Managemenet

Masalah: Loading 12.000+ gambar sekaligus menyebabkan memory overflow pada environment Kaggle.

Solusi yang diterapkan:

- Batch loading dengan ukuran 1.000 gambar per batch
- Pembatasan dataset menjadi 3.000 sampel per kelas
- Penggunaan tf.data.Dataset untuk memory-efficient data pipeline

Pembelajaran: Optimisasi memori crucial untuk scalability pada dataset besar.

6. REFLEKSI DAN PEMBELAJARAN PERSONAL

6.1 Pembelajaran Teknis

6.1.1 Transfer Learning Deep Dive

Proyek ini memberikan pemahaman mendalam tentang transfer learning. Saya belajar bahwa:

- Feature Extraction vs Fine-tuning: Freezing base model memberikan hasil yang sudah sangat baik
- Layer Selection: Tidak semua layer perlu di-freeze, tergantung similarity antara domain
- Efficiency Trade-off: MobileNetV2 memberikan balance optimal antara size dan accuracy

6.1.2 Data Pipeline Engineering

Aspek yang paling menantang adalah membangun data pipeline yang robust:

- Error Handling: Setiap step harus memiliki error handling yang komprehensif
- Memory Management: Batch processing essential untuk dataset besar
- Data Validation: Verifikasi integritas data harus dilakukan di multiple level

7. KESIMPULAN

Proyek klasifikasi gambar sepeda dan sepeda motor Vietnam ini berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan dengan hasil sebagai berikut:

1. Model Performance Exceptionally High:
 - Test Accuracy: 99.66%
 - Precision dan Recall: 99% untuk kedua kelas
 - F1-Score: 99% (macro dan weighted average)
 - Error Rate: Hanya 0.91%
2. Generalization Capability Strong:
 - Overfitting Gap: 0.73% (sangat rendah)
 - Generalization Gap: -0.49% (excellent)
 - Consistent performance across train/val/test sets
3. Model Efficiency Optimal:
 - Total Parameters: 2,4 juta
 - Model Size: 9.2 MB

- Inference Time: Fast (suitable untuk deployment)
- Memory Footprint: Reasonable untuk mobile/embedded applications