

**Klasifikasi Kepadatan Lalu Lintas dengan Model *Convolutional Neural Network* Menggunakan Arsitektur *EfficientNet***

**LAPORAN AKHIR  
MATA KULIAH PROYEK SAINS DATA**

**Dosen Pengampu: Dr. Warih Maharani, S.T., M.T.**



**KELOMPOK: 1**

**Anggota Kelompok:**

- 1. Adrian Putra Pratama Badjideh (1305213041)**
- 2. Ade Kurniawan (1305210002)**
- 3. Abror Muhammad Hazim (1305213026)**

**PROGRAM STUDI SARJANA S1 SAINS DATA  
FAKULTAS INFORMATIKA  
UNIVERSITAS TELKOM  
BANDUNG  
2024**

**Abstract** - Kepadatan lalu lintas merupakan sebuah kondisi ketika jumlah kendaraan yang melintas melebihi kapasitas jalan yang tersedia. Kepadatan ini merupakan salah satu penyebab dari kemacetan yang terjadi terutama pada kota-kota besar. Pada proyek ini kepadatan lalu lintas yang terjadi akan diklasifikasi dengan model *Convolutional Neural Network* menggunakan Arsitektur *EfficientNet* menggunakan dataset gambar yang dikumpulkan dari persimpangan jalan Kota Bandung secara manual melalui *website* CCTV Pemantauan Lingkungan Kota Bandung.

**Kata Kunci** – Kepadatan, Lalu lintas, *Convolutional Neural Network*, *EfficientNet*,

## Pendahuluan

### Latar Belakang

Kemacetan merupakan situasi atau keadaan tersenatnya yang ditandai dengan menurunnya kecepatan perjalanan dari kecepatan yang seharusnya atau bahkan terhentinya lalu lintas yang disebabkan oleh banyaknya jumlah lalu lintas kendaraan yang melebihi kapasitas jalan. Kemacetan merupakan salah satu permasalahan yang umum dan banyak terjadi pada kota-kota besar yang mengakibatkan kerugian ekonomi yang tidak sedikit [1].

Kepadatan lalu lintas menjadi salah satu faktor utama penyebab terjadinya kemacetan. Kondisi tersebut terjadi ketika jumlah kendaraan yang melintas melebihi kapasitas jalan yang tersedia sehingga memaksa kendaraan untuk bergerak dengan kecepatan di bawah rata-rata atau bahkan mengalami keberhentian total.

Penerapan teknik pembelajaran mesin dalam pengelolaan lalu lintas dapat melibatkan algoritma klasifikasi yang mampu mengidentifikasi tingkat kepadatan lalu lintas pada berbagai titik dan waktu tertentu. Dengan demikian, aparat dapat merespons secara langsung terhadap situasi aktual, mengalokasikan sumber daya dan mengatur lalu lintas secara adaptif berdasarkan klasifikasi tersebut.

*Dataset* yang digunakan merupakan kumpulan data gambar pada lalu lintas persimpangan jalan Kota Bandung, Kota Bandung merupakan salah satu kota yang mengalami permasalahan kemacetan dikarenakan volume kendaraan yang nyaris sama dengan jumlah penduduk, dataset tersebut didapatkan secara manual dengan melakukan tangkapan layar melalui *website* CCTV Pemantauan Lingkungan Kota Bandung [2].

Metode yang digunakan untuk tugas klasifikasi kepadatan lalu lintas yaitu berupa *EfficientNet*. *EfficientNet* merupakan arsitektur model dari algoritma CNN (*Convolutional Neural Network*), CNN (*Convolutional Neural Network*) adalah arsitektur yang terinspirasi oleh pola koneksi otak manusia, khususnya korteks visual yang memiliki peran penting dalam persepsi dan pemrosesan stimuli visual, Berbeda dengan praktik konvensional yang secara sembarang mengubah faktor-faktor tersebut, metode penskalaan *EfficientNet* secara seragam

mengubah lebar jaringan, kedalaman, dan resolusi dengan sekelompok koefisien skala yang tetap. Sebagai contoh, jika kita ingin menggunakan sumber daya komputasi sebanyak  $2^N$  kali lebih banyak, maka kita dapat dengan mudah meningkatkan kedalaman jaringan sebesar  $\alpha^N$ , lebar sebesar  $\beta^N$ , dan ukuran gambar sebesar  $\gamma^N$ , di mana  $\alpha, \beta, \gamma$  adalah koefisien konstan yang ditentukan melalui pencarian grid pada model kecil asli [3, 4]. Proyek ini menerapkan arsitektur CNN (*Convolutional Neural Network*) dengan menggunakan metode *EfficientNet* untuk menyelesaikan tugas klasifikasi. Pilihan arsitektur ini dipilih karena *EfficientNet* telah terbukti efisien dalam melakukan ekstraksi fitur pada gambar, memungkinkan model mencapai tingkat kinerja tinggi dengan meminimalkan jumlah parameter yang diperlukan.

Proyek terkait yang menerapkan arsitektur CNN yang menggunakan *EfficientNet* untuk mendeteksi kepadatan lalu lintas Singapura pada jalan searah yang menghasilkan akurasi berupa *F-1 Score* hingga 93% dilakukan oleh OmdenaAI [5].

## Pemasalahan

Berdasarkan pada latar belakang, berikut merupakan permasalahan yang akan diselesaikan.

1. Kemacetan yang disebabkan oleh kepadatan lalu lintas.
2. Perbandingan performa model *EfficientNet* dan model pengenalan citra lainnya untuk melakukan klasifikasi kepadatan kendaraan.
3. Pemantauan kepadatan lalu lintas di persimpangan jalan Kota Bandung menggunakan model *EfficientNet*.

## Tujuan

Berikut merupakan tujuan yang ingin dicapai berdasarkan pada latar belakang dan permasalahan.

1. Melatih model *EfficientNet* untuk melakukan tugas klasifikasi kepadatan kendaraan.
2. Menerapkan model *EfficientNet* untuk melakukan tugas pemantauan kepadatan kendaraan di persimpangan jalan Kota Bandung.
3. Melakukan evaluasi perbandingan metrik performansi yang dihasilkan oleh model *EfficientNet* dan model pengenalan citra lainnya untuk tugas klasifikasi kepadatan kendaraan.

## Dataset

*Dataset* yang digunakan berupa kumpulan data gambar pada lalu lintas persimpangan jalan Kota Bandung. *Dataset* dikumpulkan secara manual dengan melakukan tangkapan layar pada *website* CCTV Pemantauan Lingkungan Kota Bandung [2]. Data yang telah terkumpul akan dibagi menjadi data latih, data uji, dan data validasi. Data juga akan dibagi menjadi lima

kelas yaitu *Empty* (tidak terdapat kepadatan kendaraan), *High* (kepadatan kendaraan tinggi), *Low* (kepadatan kendaraan rendah), *Medium* (kepadatan kendaraan sedang), Traffic Jam (terdapat kemacetan). *Dataset* dapat diakses pada penyimpanan cloud yang menggunakan google pada link berikut: -  
<https://drive.google.com/drive/folders/1Ethth0ByhAmJ4HSdjNTiDuCD37LSSLKS?usp=sharing>

## Metode

Berikut merupakan metode yang akan digunakan pada proyek ini.

### A. Dataset

Dataset yang telah diperoleh dari hasil tangkapan layar kemudian akan dilakukan pelabelan 5 kelas yaitu *Empty* (tidak terdapat kepadatan kendaraan), *High* (kepadatan kendaraan tinggi), *Low* (kepadatan kendaraan rendah), *Medium* (kepadatan kendaraan sedang), Traffic Jam (terdapat kemacetan). Data kemudian dilakukan pembagian menjadi data latih, data uji, dan data validasi. Tujuan dilakukan pembagian data adalah untuk menghindari *overfitting*, yaitu kondisi di mana model terlalu mengoptimalkan fitur-fitur yang tidak relevan, sehingga menyebabkan kinerja model terlalu baik pada data latih tetapi tidak dipercaya pada data uji.

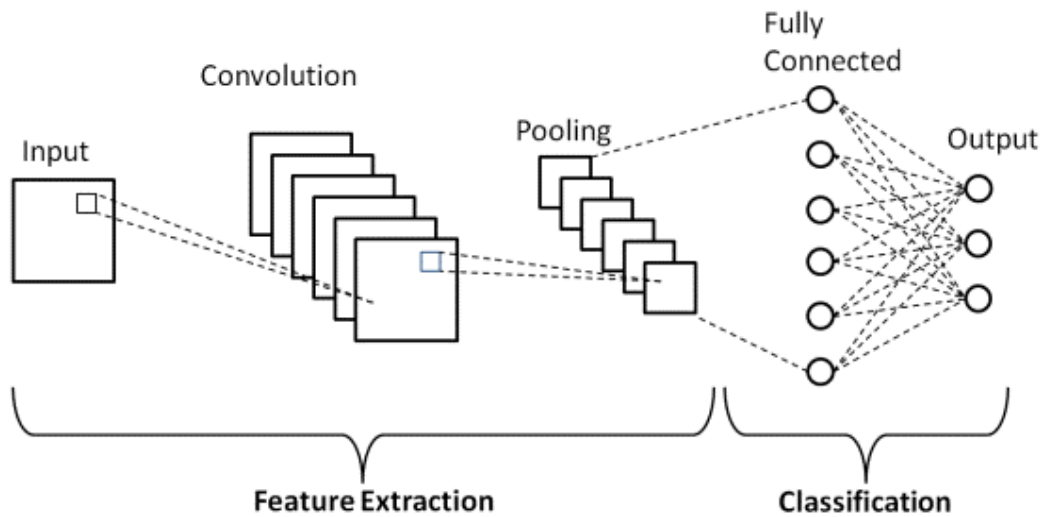
### B. Image Augmentation

Augmentasi adalah teknik yang digunakan dalam deep learning untuk menghasilkan variasi tambahan pada dataset pelatihan dengan cara mengubah atau memanipulasi data asli. Tujuannya adalah meningkatkan generalisasi model dan mengurangi risiko *overfitting* dengan memberikan model akses ke berbagai contoh data yang lebih komprehensif [6].

Berikut merupakan teknik yang digunakan untuk augmentasi data [7].

- **Resizing:** Penting untuk membuat semua gambar memiliki ukuran yang seragam agar algoritma machine learning dapat berfungsi dengan baik.
- **Grayscale:** Mengubah gambar berwarna menjadi citra grayscale dapat menyederhanakan data gambar dan mengurangi kebutuhan komputasi untuk beberapa algoritma.
- **Reduksi Noise:** Teknik *smoothing*, *blurring*, dan *filtering* dapat diterapkan untuk menghilangkan noise yang tidak diinginkan dari gambar.
- **Peningkatan Kontras:** Kontras gambar dapat disesuaikan menggunakan *histogram equalization*.

### C. Convolutional Neural Network



**Gambar 1** Arsitektur CNN

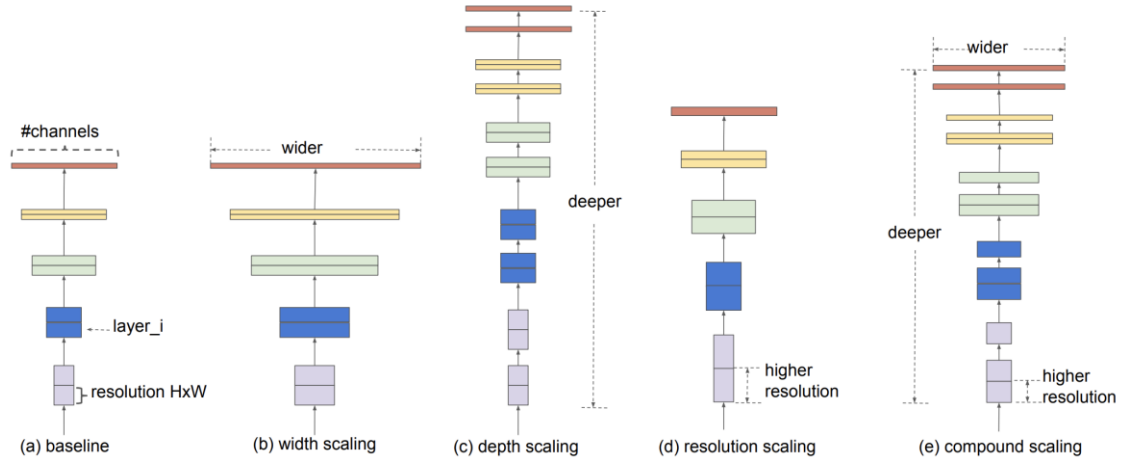
CNN (*Convolutional Neural Network*) merupakan sebuah arsitektur neural yang dibangun untuk melakukan analisis pada data gambar. Arsitektur ini menggunakan konsep konvolusi untuk melakukan analisis pada data gambar, yang memungkinkan CNN untuk memproses data gambar dengan efisiensi tinggi dan memprediksi hasil dengan tingkat kemungkinan yang tinggi.

Dalam arsitektur CNN, beberapa komponen utama termasuk:

1. **Layer Input:** Layer ini menerima input dalam bentuk gambar yang akan dianalisis.
2. **Layer Filtering:** Layer ini melakukan konvolusi pada input dengan menggunakan filter. Filter ini memiliki bentuk seperti gambar kecil yang digunakan untuk melakukan analisis pada input.
3. **Layer Activation:** Layer ini menggunakan fungsi aktivasi untuk mengubah output dari layer filtering menjadi nilai yang lebih baik untuk diterima oleh layer berikutnya.
4. **Layer Pooling:** Layer ini menggunakan teknik pooling untuk mengurangi dimensi output dari layer sebelumnya.
5. **Layer Output:** Layer ini menghasilkan output dari arsitektur CNN dalam bentuk prediksi atau hasil analisis.

Dalam proses ini, CNN menggunakan parameter berupa filter yang dapat diubah untuk memperbaiki kinerja model. Parameter ini diubah dengan menggunakan algoritma belajar yang dikenal sebagai backpropagation, yang memungkinkan CNN untuk mengoptimalkan parameternya untuk memprediksi hasil yang lebih baik.

#### **D. EfficientNet**



**Gambar 2** Arsitektur *EfficientNet*

*EfficientNet* adalah arsitektur CNN (*Convolutional Neural Network*) yang menggunakan metode skala yang sistematis untuk meningkatkan kinerja dengan memperbaiki pembagian antara kedalaman, lebar, dan resolusi dalam model. Teknologi ini menggabungkan model *MobileNet* dan *ResNet* untuk menciptakan model yang efisien dan mampu memahami gambar dengan kualitas tinggi. *EfficientNet* menggunakan skala kompond untuk mengatasi masalah skala model konvolutif yang tidak efektif [3].

### E. Evaluation Metrics

Metriks evaluasi yang akan digunakan pada proyek ini merupakan akurasi. Akurasi adalah metrik yang mengukur seberapa sering sebuah model machine learning memprediksi hasil dengan benar. Akurasi dapat dihitung dengan membagi jumlah prediksi yang benar dengan total jumlah prediksi.

$$ACCURACY = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

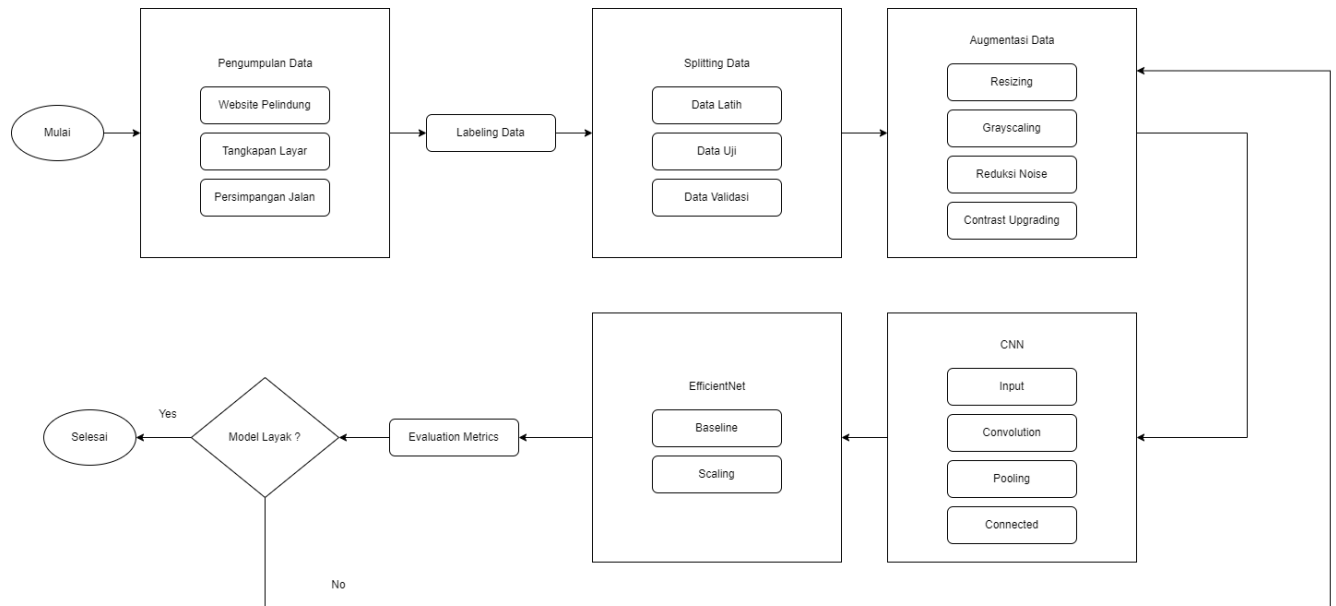
TP (*True Positive*) merujuk pada jumlah data yang benar yang ditemukan oleh model, TN (*True Negative*) merujuk pada jumlah data negatif yang benar yang ditemukan oleh model, FP (*False Positive*) merujuk pada jumlah data negatif yang ditemukan sebagai data positif, dan FN (*False Negative*) merujuk pada jumlah data positif yang ditemukan sebagai data negatif.

Dengan menggunakan akurasi sebagai metrik evaluasi data gambar, kita dapat mengukur kinerja model dalam memahami gambar dengan kualitas tinggi dan mengidentifikasi kemungkinan kesalahan dalam proses pemahaman gambar.

## IMPLEMENTASI

### Tahapan Proyek

Tahapan proyek untuk pengerjaan proyek “Klasifikasi Kepadatan Lalu Lintas dengan Model *Convolutional Neural Network* Menggunakan Arsitektur *EfficientNet*” sebagai berikut:



**Gambar 3** Tahapan Proyek “Klasifikasi Kepadatan Lalu Lintas dengan Model *Convolutional Neural Network* Menggunakan Arsitektur *EfficientNet*”

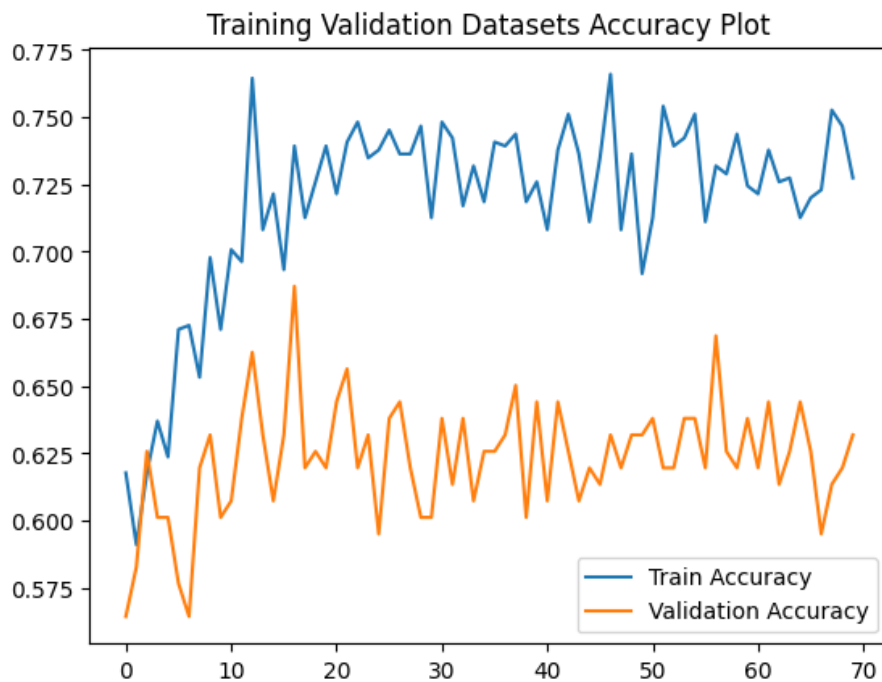
Tahapan pertama dalam klasifikasi kepadatan lalu lintas yaitu dengan memasukkan input data dalam bentuk gambar yang didapatkan dari tangkapan layar pada persimpangan jalan Kota Bandung dari website CCTV PELINDUNG yang kemudian disimpan pada penyimpanan data. Data tersebut kemudian dilakukan pelabelan untuk lima kelas yaitu *Empty* (tidak terdapat kepadatan kendaraan), *High* (kepadatan kendaraan tinggi), *Low* (kepadatan kendaraan rendah), *Medium* (kepadatan kendaraan sedang), *Traffic Jam* (terdapat kemacetan). Data hasil pelabelan kemudian dilakukan pembagian data (*data splitting*) yang terdiri dari tiga bagian yaitu data latih, data uji, dan data validasi. Kemudian data splitting masuk ke tahap augmentasi data untuk menghindari *overfitting*. Setelah itu, data kemudian dilakukan pelatihan menggunakan model arsitektur CNN dengan metode *EfficientNet*. Hasil pelatihan model kemudian dilakukan uji evaluasi metrik menggunakan akurasi untuk menentukan kelayakan model, jika model hasil training dinyatakan belum layak melalui hasil evaluasi menggunakan metrik akurasi untuk menentukan kinerja model, maka proses akan kembali ke tahapan augmentasi data. Sedangkan jika model dinyatakan layak maka proses telah selesai dilakukan.

## EVALUASI

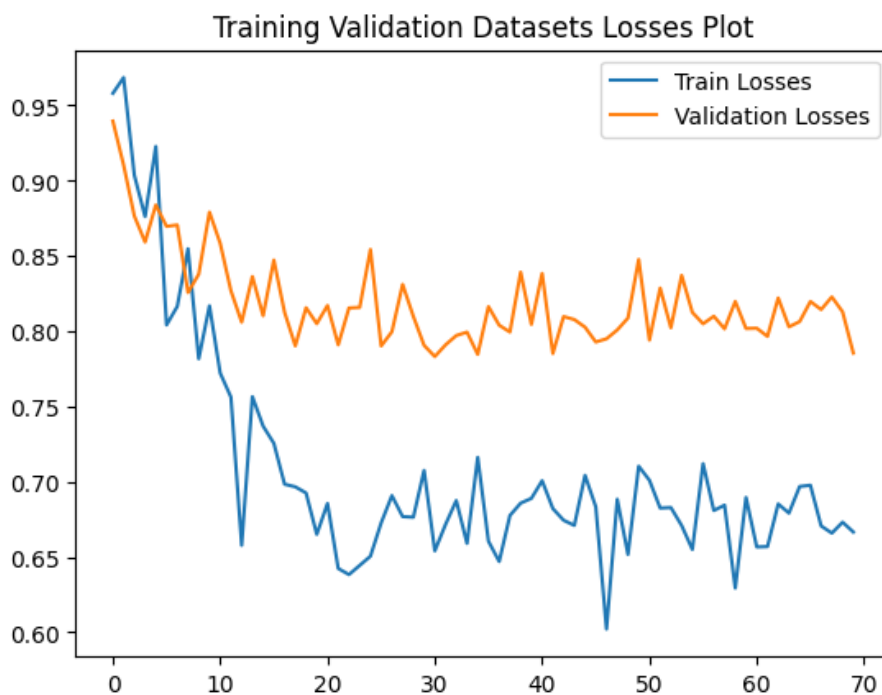
### Hasil

Model yang dihasilkan dari pengukuran metrik dan prediksi menunjukkan bahwa setelah dilatih selama 70 epoch, model tersebut mencapai akurasi sebesar 72% pada data pelatihan dan akurasi sebesar 63% pada data validasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa model

memiliki kinerja yang cukup baik pada data pelatihan, namun terdapat perbedaan yang signifikan pada kinerja model terhadap data validasi, yang mungkin menunjukkan adanya overfitting.



**Gambar 4** Plot akurasi dataset validasi pelatihan



**Gambar 5** Plot losses dataset validasi pelatihan

## Diskusi

Hasil pelatihan model menggunakan CNN dengan arsitektur *EfficientNet* menunjukkan kinerja yang cukup dengan akurasi 72% pada data pelatihan. Arsitektur *EfficientNet* dikenal memiliki efisiensi yang tinggi dalam hal parameter dan komputasi, yang memungkinkan model



untuk belajar fitur-fitur yang kompleks dari data dengan lebih efektif. Penggunaan teknik scaling yang mengoptimalkan kedalaman, lebar, dan resolusi jaringan secara proporsional memberikan kemampuan yang lebih baik dalam menangkap informasi dari data input.

Selain itu, kemampuan *EfficientNet* dalam mengurangi overfitting melalui regularisasi yang lebih baik dan teknik augmentasi data juga berkontribusi pada peningkatan performa model. Meski begitu, akurasi pada data validasi yang mencapai 63% menunjukkan adanya ruang untuk perbaikan. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan lebih banyak data pelatihan, menerapkan teknik regularisasi tambahan, atau fine-tuning hyperparameter model.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annidian, "Permasalahan Lalu Lintas | PDF," *Scribd*, Jun. 06, 2020. <https://www.scribd.com/document/460123001/PERMASALAHAN-LALU-LINTAS>
- [2] ..."PELINDUNG - PEMANTAUAN LINGKUNGAN KOTA BANDUNG," *pelindung.bandung.go.id*. <https://pelindung.bandung.go.id/>
- [3] M. Tan and Q. Le, "EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks," Sep. 2020. Available: <https://arxiv.org/pdf/1905.11946v5.pdf>
- [4] R. Awati, "What is convolutional neural network? - Definition from WhatIs.com," *SearchEnterpriseAI*, Sep. 2022. <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/convolutional-neural-network>
- [5] OmdenaAI, "JKT-Smart-Traffic-System/notebooks/traffic-density-classification-using-efficientnet.ipynb at main · OmdenaAI/JKT-Smart-Traffic-System," *GitHub*, Oct. 2023. <https://github.com/OmdenaAI/JKT-Smart-Traffic-System/blob/main/notebooks/traffic-density-classification-using-efficientnet.ipynb>
- [6] G. Boesch, "Image Data Augmentation for Computer Vision in 2022 (Guide)," *viso.ai*, Jun. 07, 2022. <https://viso.ai/computer-vision/image-data-augmentation-for-computer-vision/>
- [7] M. Patel, "The Complete Guide to Image Preprocessing Techniques in Python," *Medium*, Oct. 23, 2023. <https://medium.com/@maahip1304/the-complete-guide-to-image-preprocessing-techniques-in-python-dca30804550c>