

KLASIFIKASI JENIS GOLONGAN KENDARAAN DI GERBANG TOL MENGUNAKAN ARSITEKTUR CNN VGG16

Khoirul Umam Haqiqi^{a,*}, Fida Maisa Hana^a, Hafni Aulida^a

^aUniversitas Muhammadiyah Kudus

E-mail: umam.tkj3.2016@gmail.com^{a,*}, fidamaisa@umkudus.ac.id^b, auidahafni@gmail.com^c

Abstrak

Kendaraan yang melintasi gerbang tol memainkan peran vital dalam sistem transportasi. Untuk meningkatkan pengelolaan lalu lintas dan efisiensi koleksi tol, metode otomatis yang akurat diperlukan untuk mengklasifikasikan jenis kendaraan di gerbang tol. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model deep learning yang mampu mengklasifikasikan berbagai jenis kendaraan dengan menggunakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) VGG16, dengan dataset yang berasal dari sumber data Mendeley. Dataset terdiri dari 1225 gambar kendaraan yang diambil dari berbagai perspektif di gerbang tol. Dataset ini diambil dari sumber data Mendeley yang memiliki variasi jenis kendaraan yang luas, memastikan representasi yang memadai dalam pelatihan dan pengujian model. Untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, dataset diperkaya melalui augmentasi data. Model CNN VGG16 diimplementasikan tanpa penggunaan Dropout dan dilatih dengan learning rate sebesar 0.001. Melalui proses fine-tuning yang cermat, model berhasil mencapai akurasi validasi sebesar 90%. Keberhasilan model dalam mengenali jenis kendaraan di gerbang tol menawarkan potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional gerbang tol serta pengaturan lalu lintas secara keseluruhan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Convolutional Neural Network VGG16 memiliki kemampuan klasifikasi yang kuat dalam mengidentifikasi berbagai jenis kendaraan di gerbang tol. Dengan akurasi sebesar 99%, model ini dapat dijadikan sebagai solusi otomatisasi yang efektif dalam mengenali kendaraan di gerbang tol, potensial mengurangi antrian, serta meningkatkan efisiensi pengumpulan tol dan manajemen lalu lintas secara signifikan

Kata Kunci: klafisikasi, Kendaraan, CNN, VGG16, Deep Learning

Abstract

Vehicles passing through toll gates play a vital role in the transportation system. To enhance traffic management and toll collection efficiency, accurate automated methods are required for classifying vehicle types at toll gates. This research aims to develop a deep learning model capable of classifying various vehicle types using the Convolutional Neural Network (CNN) architecture VGG16, utilizing a dataset sourced from Mendeley. The dataset comprises 1225 vehicle images taken from various perspectives at toll gates. Sourced from Mendeley, this dataset encompasses a wide range of vehicle types, ensuring adequate representation for model training and testing. To improve model generalization capability, the dataset is enriched through data augmentation. The CNN VGG16 model is implemented without Dropout and trained with a learning rate of 0.001. Through meticulous fine-tuning, the model achieves a validation accuracy of 90%. The success of the model in identifying vehicle types at toll gates offers potential for enhancing toll gate operational efficiency and overall traffic management. The results of this research highlight the strong classification capability of the Convolutional Neural Network VGG16 model in identifying various vehicle types at toll gates. With an accuracy of 99%, this model can serve as an effective automation solution for vehicle identification at toll gates, potentially reducing queues and significantly improving toll collection efficiency and traffic management

Keywords: Classification, Vehicles, CNN, VGG16, Deep Learning

I. PENDAHULUAN

Kendaraan merupakan alat transportasi yang banyak digunakan dalam kehidupan

sehari-hari, termasuk mobil, kereta api, kapal, pesawat, motor, dan bus. Namun, di Indonesia, jumlah kendaraan bermotor telah meningkat secara signifikan dalam beberapa

tahun terakhir, sementara infrastruktur transportasi yang memadai belum dapat terwujud. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2022, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 148.212.865 unit, termasuk sepeda motor, mobil penumpang, bus, truk, dan mobil barang (Sebagai et al., 2022).

Jalur transportasi darat di Indonesia terdiri dari jalan umum dan jalan tol yang dibagi menjadi lima golongan. Meskipun jalan tol dapat membuat pengiriman barang dan jasa menjadi lebih efektif dan produktif, namun seringkali terjadi kemacetan di jalur tol, terutama di kota-kota besar. Gerbang tol biasanya menjadi titik kemacetan, di mana petugas memeriksa jenis kendaraan secara manual untuk menentukan tarif tol. Kemacetan di jalur tol dapat mempengaruhi perekonomian dan menyebabkan pemborosan waktu, bahan bakar, dan pencemaran udara yang signifikan (Herwanto et al., 2020).

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, sebagaimana tercatat dalam data Badan Pusat Statistik, telah memunculkan masalah kemacetan yang signifikan, terutama di jalur tol (Winardi et al., 2023). Untuk mengatasi tantangan ini, penulis memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) untuk klasifikasi jenis kendaraan pada jalan tol menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN).

Penelitian terbaru (Wicaksono et al., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pengelolaan gerbang tol dapat mempercepat proses, mengurangi kemacetan, dan berpotensi mengurangi dampak negatif dari lonjakan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, memberikan solusi konkret dalam menghadapi permasalahan transportasi yang terus berkembang di negara ini (Winardi et al., 2023).

Salah satu arsitektur CNN yang digunakan adalah VGG16. Dibandingkan dengan model CNN sebelumnya, convolutional neural network model VGG16 jauh lebih baik. Kedua teknik ini dianggap sebagai yang terbaik untuk pengenalan objek dan

klasifikasi gambar saat ini (Herwanto et al., 2020)(Radikto et al., 2022).

VGG16 adalah sebuah model convolutional neural network. Model ini mencapai akurasi 92.7% top-5 di ImageNet. Model ini melakukan penyempurnaan dari model sebelumnya yaitu AlexNet dengan menggantikan fitur ukuran kernel yang besar dengan filter ukuran kernel 3x3 satu dengan lainnya. Input pada convolutional layer pertama adalah ukuran pasti yaitu 224 x 224 gambar RGB. Gambar akan melewati tumpukan dari convolutional layer, dimana filter digunakan dengan bidang reseptif yang sangat kecil yaitu 3x3.(Radikto et al., 2022)

Landasan Teori

II. LANDASAN TEORI

A. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence merupakan bidang ilmu kecerdasan buatan yang memfokuskan pada pemecahan masalah kognitif seperti belajar, pemecahan masalah dan pengenalan pola yang sering dikaitkan dengan kecerdasan manusia.

lima kelompok utama dalam machine learning yaitu kelompok simbolis yang berakar pada logika dan filsafat; kelompok koneksionis yang berbasis neurosains; kelompok ahli biologi evolusi; kelompok Bayes yang tertarik pada probabilitas dan statistik; dan kelompok analogi yang berasal dari psikologi. Kelompok Bayes telah memajukan bidang ini dalam beberapa bidang baru-baru ini melalui kemajuan dalam efisiensi komputasi statistik yang disebut "machine learning". Koneksionis juga telah mengembangkan sub-bidang yang disebut "Deep Learning" karena kemajuan dalam perhitungan jaringan. Bidang ilmu komputer Machine Learning (ML) dan Deep Learning (DL) berasal dari bidang Kecerdasan Buatan.

B. Transportasi

Sistem dan transportasi digabungkan untuk membentuk definisi sistem transportasi. Transportasi adalah usaha memindahkan, memindahkan, mengangkut, atau mengalihkan orang atau barang dari satu lokasi ke lokasi lain, sedangkan sistem adalah bentuk keterikatan dan keterkaitan

antar variabel dalam suatu tatanan yang terstruktur (Nur et al., 2021).

C. Klasifikasi

Klasifikasi yaitu pengelompokan data dengan label atau kelas target. Klasifikasi dapat diselesaikan menggunakan algoritma supervised learning atau unsupervised learning. Dalam supervised learning, label atau data sasaran berfungsi sebagai “supervisor” atau “teacher” untuk mengawasi proses learning agar mencapai tingkat akurasi atau presisi yang tinggi. Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi, seperti Backpropagation, Neural Network, Support Vector Classification (SVC), Extreme Learning Machine (ELM), K-NN, dan Naïve Bayes (Wibowo, 2017).

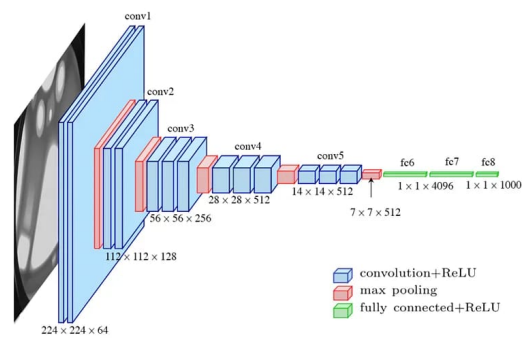
D. CNN dan VGGNET

Salah satu arsitektur deep learning yang paling khas adalah Convolutional Neural Network (CNN), yang merupakan versi Multilayer Perceptron (MLP) berdasarkan jaringan saraf manusia. CNN adalah kemajuan signifikan dalam penelitian visi komputer karena mereka memiliki banyak lapisan neuron komputasi yang diproses setidaknya selangkah demi selangkah. Struktur jaringan saraf CNN terdiri dari satu node yang terhubung dengan bobot. Convolutional Layer, Pooling Layer, dan fully connected layer biasanya merupakan komponen dari CNN.

CNN memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan DNN, dan penelitian lebih lanjut dapat memperbaikinya. Selain memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan DNN, CNN dapat mengatur hierarki informasi, seperti gambar klasifikasi, deteksi objek, informasi selama pra-pemrosesan, dan gambar segmentasi, jika berhasil dilatih. Proses Convolutional, pooling layer, dan fully connected layer merupakan arsitektur utama proses CNN.

Arsitektur yang dikenal sebagai VGGNet dikembangkan oleh Andrew Zisserman dan Karen Simonyan. Menurut arsitektur ini, menggabungkan network merupakan komponen penting untuk mencapai kinerja tinggi. Accuracy CNN Network meningkat

dengan tinggi (Simonyan & Zisserman, 2015).



III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian merupakan aktivitas pengumpulan, pengolahan, analisis, serta penyajian informasi yang dicoba secara sistematis untuk membongkar sesuatu perkara ataupun menguji suatu hipotesis untuk meningkatkan prinsip-prinsip universal, sedangkan eksperimen merupakan percobaan yang bersistem serta berencana (untuk meyakinkan kebenaran sesuatu teori serta sebagainya).

Dalam penelitian ini, penulis akan mengklasifikasikan jenis golongan kendaraan di gerbang tol menggunakan Convolutional Neural Network dengan arsitektur VGG16. Pengklasifikasian ini akan dilakukan melalui tiga model yang berbeda, yakni: pertama, menggunakan Data Augmentation; kedua, menerapkan Transfer Learning; dan ketiga, menerapkan Dropout. Selain itu, penulis juga akan mengatur tingkat pembelajaran (learning rate) untuk setiap model. Dengan ini, diharapkan akan diperoleh akurasi, presisi, dan recall. Penilaian model terbaik akan didasarkan pada akurasi serta akurasi validasi yang dihasilkan.

B. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian "Klasifikasi Jenis Golongan Kendaraan Di Gerbang Tol Menggunakan Arsitektur Convolutional Neural Network VGG16" meliputi pengumpulan data dari sumber data sekunder, yaitu Kaggle dan Mendeley Data. Data yang digunakan berupa gambar-gambar kendaraan yang telah dikategorikan berdasarkan jenis dan golongan kendaraan.

Dataset ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu data latih (training data) dan data uji (testing data), dengan perbandingan 70:30. Data latih digunakan untuk melatih model CNN, sedangkan data uji digunakan untuk menguji akurasi model yang telah dilatih.

C. Teknik Analisis Data

1. Software yang digunakan adalah Google colab, Platform ini memungkinkan pengguna untuk menulis, menjalankan, dan berbagi kode Python melalui browser web, dengan menggunakan sumber daya komputasi dari Google seperti CPU, GPU, dan TPU.
2. Library yang digunakan adalah TensorFlow (untuk membangun dan sebagai high-level API untuk memudahkan pembuatan model neural network), dan OpenCV (untuk memproses citra dan mempersiapkan data untuk pelatihan). Untuk ukuran gambar yang digunakan yaitu ukuran 225.
3. Preprocessing Data

Pada tahapan awal, data loading melibatkan impor atau pengambilan dataset ke dalam lingkungan analisis data. Setelah itu, langkah penting berikutnya adalah data cleaning, di mana data yang hilang, duplikat, atau outlier diidentifikasi dan diperbaiki. Data augmentation kemudian dapat diterapkan jika diperlukan, yaitu menghasilkan variasi data baru untuk melatih model yang lebih baik. Selanjutnya, data resizing digunakan untuk memastikan konsistensi ukuran data, terutama dalam konteks pengolahan gambar. Data normalization adalah tahap di mana data diubah agar memiliki skala yang seragam dan memudahkan pemodelan. Akhirnya, data splitting membagi dataset menjadi set pelatihan dan pengujian yang memungkinkan untuk evaluasi model. Keseluruhan proses ini bertujuan untuk mempersiapkan data secara tepat sebelum digunakan dalam analisis atau pembuatan model, meningkatkan akurasi dan hasil analisis akhir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

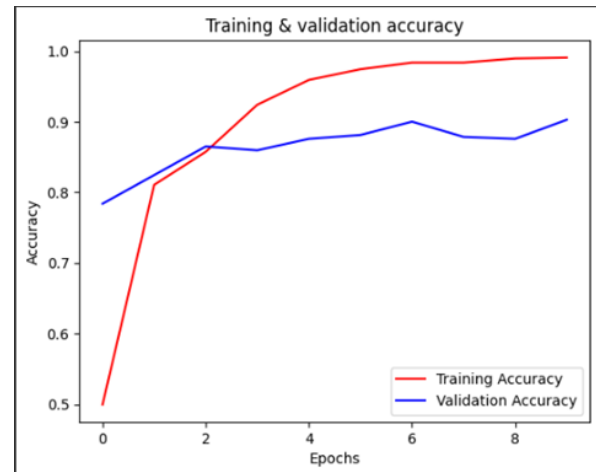
Langkah pertama pada penelitian ini adalah persiapan *dataset*. Setelah *dataset* sudah siap untuk diproses maka selanjutnya adalah perancangan dan pelatihan model. model akan dirancang, dilatih dan dievaluasi performanya.

A. Pencarian Model Terbaik

Demi memudahkan pembacaan model, penulis membuat kode untuk merepresentasikan metode pada model di antaranya adalah:

1. DA = Data Augmentation
2. TL = Transfer Learning
3. DO = Drop Out

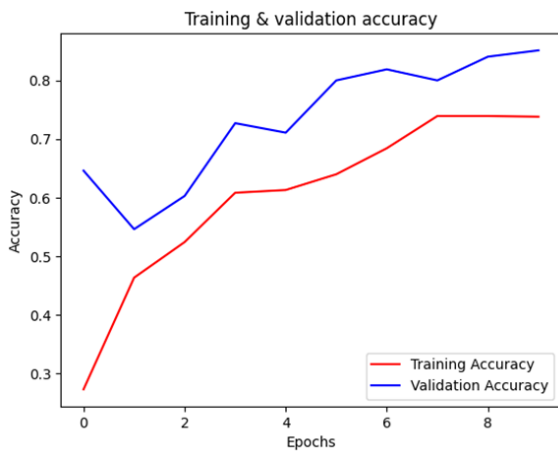
Berikut adalah detail pelatihan model pada VGG16 dengan *data augmentation* (DA, TL)



Gambar 2. Evaluasi Model VGG16 Dengan DA dan TL

Model VGG16 dengan transfer learning dan data augmentation menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan model VGG16 dengan data augmentation dan fine tuning. Model ini menghasilkan akurasi training dan validasi sebesar 99% dan 90%.

Berikut adalah detail pelatihan model pada VGG16 dengan *data augmentation*, *transfer learning*, dan *drop out* (DA, TL, DO)



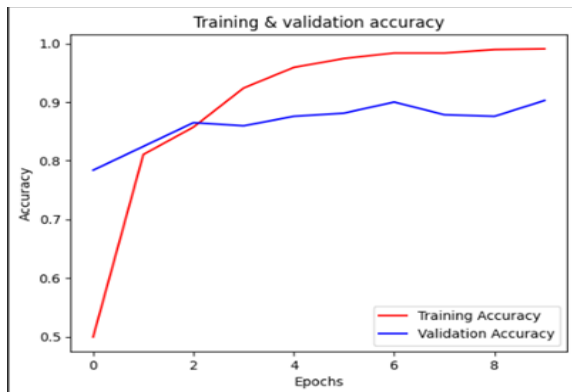
Gambar 3. Evaluasi Model VGG16 dengan DA, TL dan DO

Tabel 1. Ringkasan Peforma Model

| Arsitektur Model | TL | DA | DO | Status | Training Accuracy | Validation Accuracy |
|------------------|----|----|----|---------|-------------------|---------------------|
| VGG16 | ✓ | ✓ | ✓ | Balance | 73% | 85% |
| VGG16 | ✓ | ✓ | - | Balance | 99% | 90% |

B. Titik Konvergen Model Terbaik

Setelah kita dapat kan model terbaik, kita mencari titik konvergen dari model terbaik yang sudah kita running.



Gambar 4. Hasil Titik konvergen

Tabel 2. Hasil Pengujian Model CNN VGG16 tanpa DO

| Prediksi/ Actual | Golongan 1 | Golongan 2 | Golongan 3 | Golongan 4 | Golongan 5 |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Golongan 1 | 73 | - | - | - | - |
| Golongan 2 | 1 | 73 | 10 | - | 3 |
| Golongan 3 | - | 1 | 54 | 17 | 1 |
| Golongan 4 | - | - | - | 28 | 2 |
| Golongan 5 | - | - | 10 | 29 | 68 |

Hasil dari pengujian model accuracy mendapatkan nilai 0.66% dengan cara yang ada di bab 2, untuk hasil Presisi mendapatkan nilai 80%, dan untuk Hasil Recall mendapatkan 80 %.

Model VGG16 dengan transfer learning, data augmentation, dan drop out menghasilkan hasil yang cukup baik. Model ini menghasilkan akurasi training dan validasi sebesar 73% dan 85%.

Di antara seluruh model yang telah diujikan, model dengan arsitektur VGG16 dengan tambahan metode data augmentation, dropout dan transfer learning memiliki performa terbaik (VGG16 dengan DA, TL, DO). Maka dari itu penulis akan menjadikan model ini sebagai model terbaik dan akan menerapkan pengujian parameter pada model ini.

Dapat disimpulkan hasil titik konvergenya berada pada epoch 2. Maka model vgg16 tanpa do, dengan epoch 10 itu adalah model terbaik yang di dihasilkan dari penelitian ini.

C. Pengujian Model

Dengan hasil model titik Konvergen yang sudah di temukan, selanjutnya kita masuk ke pengujian hasil dari model titik konvergen yang terbaik, yaitu dari model vgg16 tanpa menggunakan do.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengimplementasikan berbagai model menggunakan deep learning VGG16 untuk klasifikasi jenis golongan kendaraan di gerbang tol. Model VGG16

dengan tambahan 3 metode yaitu transfer learning dan data augmentation dengan akurasi validasi yang diperoleh sebesar 90%.

Perbandingan performa VGG16 dengan transfer learning dan data augmentation telah menunjukkan peningkatan performa model yang signifikan. Dari kesimpulan ini, dapat dikatakan bahwa penelitian ini sukses menerapkan arsitektur VGG16 dengan transfer learning, data augmentation dan dropout untuk meningkatkan akurasi.

Kurniawan, A. Y. (2023). *STATISTIK INDONESIA 2023 Statistical Yearbook of Indonesia 2023*.

DAFTAR PUSTAKA

- Herwanto, R., Gunadi, K., & Setyati, E. (2020). Pengenalan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor pada Ruas Jalan Tol Menggunakan CNN. *Jurnal Infra Petra*, 8(1), 196–202.
- Nur, N. K., Rangan, P. R., & Mahyuddin. (2021). *Sistem Transportasi* (R. W. Watrionthos & J. Simarmata (eds.)).
- Radikto, Mulyana, D. I., Rofik, M. A., & Zakaria, Mo. Z. Z. (2022). Klasifikasi Kendaraan pada Jalan Raya menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 1668–1679.
- Sebagai, D., Satu, S., Sarjana, M. G., & Haqiqi, K. U. (2022). *Klasifikasi Jenis Golongan Kendaraan Di Gerbang Tol Menggunakan Arsitektur Convolutional Neural Network* FAKULTAS KOMPUTER UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KUDUS 2022.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–14.
- Wibowo, A. (2017). *Klasifikasi*.
- Winardi, W., Karyono, Y., Nugroho, A., Sofian, A., Budiati, I., Hastuti, A., Lestari, T. H., Mardiana, Aritonang, T. M., Lasma, Sorayan, P. H., Utami, L. P., Kristanti, H. D., Muslianti, D., Anisa, M., Riawati, E., Wulandari, M. D., Logaritma, S., Prihantoro, A. M., ...