



SKRIPSI

KLASIFIKASI GOLONGAN KENDARAAN TOL DENGAN ADAPTIVE MINIMAL ENSEMBLE BERBASIS EFFICIENTNET V2

Abdurrahman Al Hakim
NPM 21081010082

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Basuki Rahmat, S.Si. MT.

-

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2024**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI GOLONGAN KENDARAAN TOL DENGAN ADAPTIVE MINIMAL ENSEMBLE BERBASIS EFFICIENTNET V2

Oleh :
Abdurrahman Al Hakim
NPM. 21081010082

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi xxxxxxxx
Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada
tanggal.....

Dr. Basuki Rahmat, S.Si. MT.

NIP. xxxxxxxx xxxxxx x xxx

.....

(Pembimbing I)

Nama Dosen

NIP. xxxxxxxx xxxxxx x xxx

.....

(Pembimbing II)

Nama Dosen

NIP/NPT

.....

(Pembimbing III)

(Opsional/Tambahan)

Nama Dosen

NIP/NPT

.....

(Ketua Penguji)

Nama Dosen

NIP/NPT

.....

(Penguji I)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer

Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT

NIP. 19681126 199403 2 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : ABDURRAHMAN AL HAKIM

Program Studi : Informatika

Dosen Pembimbing : Dr. Basuki Rahmat, S.Si. MT.

dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan disertasi dengan judul:

KLASIFIKASI GOLONGAN KENDARAAN TOL DENGAN ADAPTIVE MINIMAL ENSEMBLE BERBASIS EFFICIENTNET V2

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya,
Yang Membuat Pernyataan,

Abdurrahman Al Hakim
NPM. 21081010082

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Abdurrahman Al Hakim / 21081010082
Judul Skripsi : Classification Of Toll Vehicle Groups With Adaptive
Minimal Ensemble Based On EfficientNet V2
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Basuki Rahmat, S.Si. MT.
2. -

—

Kata kunci : —

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Student Name / NPM : Abdurrahman Al Hakim / 21081010082
Thesis Title : Automated Essay Scoring Using Ensemble
Sentence-Bert Based Neural Pairwise Contrasive
Regression
Advisor : 1. Dr. Basuki Rahmat, S.Si. MT.
2. -

ABSTRACT

—

Keywords: —

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“Klasifikasi Golongan Kendaraan Tol Dengan Adaptive Minimal Ensemble Berbasis Efficientnet V2”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak—selaku Dosen Pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Dan penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa moril, spiritual maupun materiil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu/Bapak..... selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu/Bapak selaku Ketua Program Studi xxxx Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran “ Jawa Timur.
3. Dosen-dosen Program Studi ... dst..

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, _____

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Klasifikasi golongan kendaraan pada jalan tol merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan sistem transportasi modern. Penentuan golongan kendaraan ini memiliki peran krusial, baik dalam aspek operasional maupun penentuan tarif. Sistem klasifikasi kendaraan biasanya didasarkan pada parameter tertentu, seperti jenis kendaraan, jumlah sumbu roda, dan dimensi fisik. Proses klasifikasi secara manual sering kali memakan waktu dan rawan kesalahan, terutama dalam kondisi lalu lintas yang padat. Oleh karena itu, pengembangan sistem klasifikasi otomatis berbasis teknologi menjadi solusi yang sangat relevan.

Adaptive Minimal Ensemble (AME) berbasis EfficientNetV2 adalah salah satu pendekatan terbaru yang dapat digunakan untuk membangun sistem klasifikasi kendaraan tol yang lebih akurat dan efisien. AME merupakan teknik ensembling adaptif yang dirancang untuk mengoptimalkan performa klasifikasi dengan menggunakan kombinasi model yang memiliki jumlah parameter rendah. Dengan penggabungan ini, Model *AME* dapat mencapai akurasi yang mendekati atau bahkan melebihi model tunggal yang memiliki jumlah parameter lebih banyak. EfficientNetV2 adalah peningkatan dari EfficientNet V1. Perbedaan dari EfficientNet V1 adalah EfficientNet V2 menggunakan improved MBConv dengan kombinasi Fused-MBConv di layer awal untuk mempercepat pelatihan. Sehingga menciptakan model yang lebih kecil tapi dengan performa yang sama. Kombinasi kedua pendekatan ini menawarkan potensi besar untuk meningkatkan kinerja sistem klasifikasi kendaraan.

Dalam proses klasifikasi golongan kendaraan, gambar kendaraan yang diambil dari kamera tol akan diolah melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah preprocessing gambar untuk meningkatkan kualitas data input. Teknik-teknik seperti normalisasi dan augmentasi data adaptif dapat digunakan untuk memastikan gambar siap diproses oleh model. Setelah itu, model EfficientNetV2 yang telah dilatih akan digunakan untuk mengekstraksi fitur visual utama dari gambar kendaraan. Dua

model EfficientNetV2 yang memiliki akurasi paling tinggi akan dikombinasikan dalam kerangka Adaptive Minimal Ensemble untuk menghasilkan keputusan klasifikasi akhir.

Penggunaan metode ini berpotensi tidak hanya meningkatkan akurasi klasifikasi golongan kendaraan tetapi juga mempercepat proses operasional di gerbang tol. Dengan demikian, penerapan Adaptive Minimal Ensemble berbasis EfficientNetV2 dalam klasifikasi kendaraan tol dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi modern.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penelitian, klasifikasi golongan kendaraan pada jalan tol telah dikembangkan dengan berbagai pendekatan berbasis teknologi. Misalnya, pengenalan kendaraan menggunakan metode jaringan saraf tiruan telah banyak diterapkan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa model Convolutional Neural Network (CNN) dan Recurrent Neural Network (RNN) mampu memberikan hasil yang menjanjikan dalam tugas klasifikasi kendaraan. Di sisi lain, arsitektur seperti ResNet dan EfficientNet juga telah digunakan untuk mengekstraksi fitur visual kendaraan dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Namun, pendekatan-pendekatan tersebut memiliki beberapa keterbatasan. Sebagian besar penelitian hanya menggunakan model tunggal, yang meskipun efektif, terkadang kurang robust terhadap variasi data di lingkungan nyata, seperti perubahan pencahayaan, sudut pandang, dan jenis kendaraan. Selain itu, model-model yang lebih kompleks sering kali membutuhkan sumber daya komputasi yang besar, yang dapat menjadi hambatan dalam implementasi real-time di gerbang tol.

Adaptive Minimal Ensemble (AME) berbasis EfficientNetV2 adalah pendekatan baru yang menawarkan solusi atas keterbatasan tersebut. AME memungkinkan penggabungan beberapa model ringan dengan kinerja tinggi, sehingga menghasilkan sistem yang lebih robust dan efisien. Selain itu, EfficientNetV2, sebagai pengembangan dari EfficientNetV1, menawarkan kemampuan ekstraksi fitur yang lebih baik dengan efisiensi komputasi yang lebih tinggi. Perbaikan pada arsitektur

ini, seperti penggunaan Fused-MBConv, memungkinkan model untuk dilatih lebih cepat dan dengan jumlah parameter yang lebih kecil dibandingkan pendahulunya.

Dalam konteks klasifikasi golongan kendaraan, pengolahan gambar kendaraan melalui preprocessing yang cermat menjadi langkah awal yang krusial. Teknik seperti augmentasi data adaptif dan normalisasi digunakan untuk memastikan bahwa data input memiliki kualitas yang memadai. Setelah itu, model EfficientNetV2 digunakan untuk mengekstraksi fitur visual kendaraan, yang kemudian digabungkan menggunakan kerangka AME untuk menghasilkan prediksi akhir yang akurat.

Meskipun pendekatan ini menjanjikan, beberapa tantangan tetap ada. Misalnya, bagaimana memastikan efisiensi komputasi tanpa mengorbankan akurasi, terutama dalam kondisi lalu lintas yang padat dan dinamis. Selain itu, validasi sistem pada skala besar dengan variasi data yang luas diperlukan untuk memastikan robustness model dalam situasi dunia nyata. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem klasifikasi golongan kendaraan tol berbasis Adaptive Minimal Ensemble dengan EfficientNetV2, untuk menjawab tantangan tersebut dan meningkatkan efisiensi serta akurasi pengelolaan jalan tol.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi golongan kendaraan tol yang lebih akurat dan efisien dengan memanfaatkan Adaptive Minimal Ensemble (AME) berbasis EfficientNetV2. AME akan digunakan untuk menggabungkan beberapa model yang memiliki kinerja tinggi namun dengan jumlah parameter yang rendah, sehingga mampu menghasilkan sistem yang robust dan efisien.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan sistem transportasi modern, terutama dalam meningkatkan efisiensi

operasional gerbang tol dan keakuratan klasifikasi kendaraan. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem klasifikasi otomatis di berbagai aplikasi lain.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian yang sudah dilakukan peneliti sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengenalan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor pada Ruas Jalan Tol Menggunakan CNN [3]. Penelitian ini menggunakan model CNN, termasuk VGG16, untuk mengklasifikasikan jenis kendaraan di jalan tol. Hasil pengujian menunjukkan akurasi 93,5% dengan f-score 81,37% untuk konfigurasi CNN sendiri, dan akurasi 90,76% dengan f-score 73,53% untuk model VGG16.
2. Klasifikasi Jenis Kendaraan pada Jalan Raya Menggunakan YOLOv7 [2] . Penelitian ini membahas penggunaan metode deep learning, khususnya CNN, untuk klasifikasi jenis kendaraan pada jalan raya menggunakan YOLOv7.
3. *Improving plant disease classification by adaptive minimal ensembling* [1]. Penelitian ini membahas penggunaan model Adaptive Minimal Ensemble berbasis EfficientNet-b0 pada klasifikasi penyakit pada tumbuhan. Model AME ini berhasil mencapai akurasi 100% yang melampaui akurasi model EfficientNet-b7 yang memiliki parameter lebih banyak.

2.2. Landasan Teori

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi golongan kendaraan tol menggunakan Adaptive Minimal Ensemble (AME) berbasis EfficientNetV2. Penelitian mencakup preprocessing data, pelatihan model, dan pengujian model.

Tahap awal melibatkan preprocessing gambar dengan teknik augmentasi *horizontal flip* untuk membalikkan gambar secara horizontal agar gambar kendaraan tidak hanya satu arah. Dan *random augment* untuk menerapkan berbagai augmentasi acak kepada data sehingga akan menghasilkan data yang tampak di distorsi. Langkah ini penting untuk mendukung pelatihan model yang efektif.

Terdapat dua arsitektur utama EfficientNet V2 yang digunakan, EfficientNetV2-S dan EfficientNetV2-L. EfficientNetV2-L dipilih karena memiliki jumlah parameter yang paling banyak dibandingkan varian lainnya, yakni sekitar 118 juta, yang memungkinkan model untuk menangkap lebih banyak pola dan fitur kompleks dari data citra, yang diharapkan dapat meningkatkan akurasi klasifikasi. Sedangkan, EfficientNetV2-S dipilih karena memiliki jumlah parameter yang lebih sedikit, yaitu sekitar 21 juta, tetapi memiliki akurasi yang tidak tertinggal jauh dengan EfficientNetV2-L. Hal ini memungkinkan EfficientNetV2-S untuk digunakan sebagai basis model Adaptive Minimal Ensemble.

AME merupakan teknik ensembling adaptif yang menggabungkan model ringan untuk meningkatkan akurasi tanpa menambah kompleksitas. Hasil prediksi model diberi bobot berdasarkan kinerja pada data validasi.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metrik seperti akurasi, presisi, recall, f1-score dan waktu inferensi. Sistem ini diharapkan mampu menangani berbagai variasi data, seperti sudut pandang, dimensi kendaraan, dan kondisi pencahayaan.

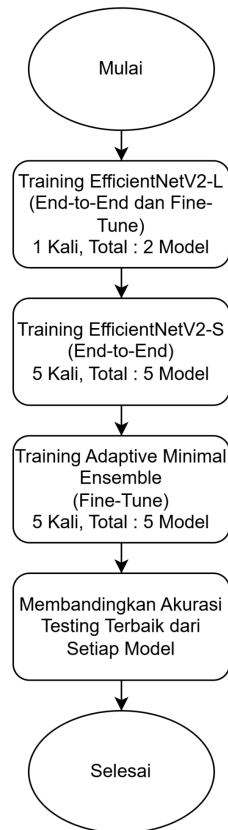
Pendekatan ini bertujuan meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi kendaraan, serta mendukung pengelolaan transportasi modern, khususnya di gerbang tol dengan kebutuhan proses cepat dan akurat.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat akan dilakukan skema pelatihan kepada model EfficientNetV2-S, EfficientNetV2-L, dan Adaptive Minimal Ensemble sebagai berikut.



Gambar 3.1. Alur Penelitian

Pertama akan dilakukan training end-to-end terlebih dahulu pada model EfficientNetV2-L pada dataset yang ada. Lalu, dilakukan FineTune pada model EfficientNetV2-L yang sebelumnya dilatih pada dataset IMAGENET1K_V1. Akan diambil akurasi testing terbaik pada masing-masing model ini yang nantinya akan dibandingkan dengan model EfficientNetV2-S dan Adaptive Minimal Ensemble. Selanjutnya, Dilakukan training secara end-to-end kepada lima model EfficientNetV2-S dengan optimizer AdaBelief. Dari kelima model ini akan dipilih dua model dengan akurasi testing terbaik yang akan menjadi basis model Adaptive Minimal Ensemble. Lalu, akan dilakukan training secara Fine tune kepada lima

model Adaptive Minimal Ensemble dengan optimizer AdaBelief. Dari kelima model ini akan dipilih satu model dengan akurasi testing terbaik yang nantinya akan dibandingkan dengan model EfficientNetV2-L. Yang terakhir, dilakukan perbandingan akurasi testing terbaik pada setiap model untuk menentukan model mana yang memiliki akurasi paling tinggi dari yang lain.

3.2.Dataset

Dataset yang digunakan adalah data jenis kendaraan tol yang di kelompokkan menjadi 5 grup. Total Dataset berjumlah 1200 gambar, terdiri dari 400 gambar kendaraan golongan 1 dan 200 gambar untuk tiap kendaraan golongan 2,3,4, dan 5.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Metode Pengujian

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bruno, A., Moroni, D., Dainelli, R., Rocchi, L., Morelli, S., Ferrari, E., Toscano, P., & Martinelli, M. (2022). Improving plant disease classification by adaptive minimal ensembling. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.868926>
- [2] Pratama, B. A., Rahman, S., & Sembiring, A. (2023). KLASIFIKASI JENIS KENDARAAN PADA JALAN RAYA MENGGUNAKAN YOLOV7. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains (Jinteks)*, 5(4), 661–666. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i4.3493>
- [3] RICKY HERWANTO. (2020). *Pengenalan golongan jenis kendaraan bermotor pada ruas jalan tol menggunakan CNN*.
- [4] Tan, M., & Le, Q. (2021a). EfficientNetV2: Smaller models and faster training. *International Conference on Machine Learning*, 10096–10106. <http://proceedings.mlr.press/v139/tan21a/tan21a.pdf>

