

**PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK
DETEKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA**

YOLO

Skripsi



oleh:

MIKHAEL RYAN PRATAMA

71200534

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA**

2024

**PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK
DETEKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
YOLO**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

MIKHAEL RYAN PRATAMA

71200534

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK DETEKSI KENDARAAN BERGERAK MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 31 Oktober 2024



MIKHAEL RYAN PRATAMA
71200534

DUTA WACANA

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION
UNTUK DETEKSI KENDARAAN BERGERAK
MENGUNAKAN ALGORITMA YOLO

Nama Mahasiswa : MIKHAEL RYAN PRATAMA

N I M : 71200534

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TI0366

Semester : Gasal

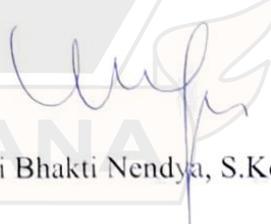
Tahun Akademik : 2024/2025

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 11 Oktober 2024

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Lucia Dwi Krisnawati, Dr. Phil.


Matahari Bhakti Nendya, S.Kom., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mikhael Ryan Pratama
NIM : 71200534
Program studi : Informatika
Fakultas : Fakultas Teknologi Informasi
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK DETEKSI
KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO”**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 31 Oktober 2024

Yang menyatakan



(Mikhael Ryan Pratama)

NIM.71200534

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK DETEKSI KENDARAAN BERGERAK MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO

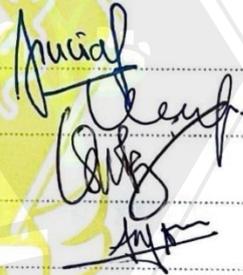
Oleh: MIKHAEL RYAN PRATAMA / 71200534

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 23 Oktober 2024

Yogyakarta, 28 Oktober 2024
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Lucia Dwi Krisnawati, Dr. Phil.
2. Matahari Bhakti Nendya, S.Kom., M.T.
3. Gani Indriyanta, Ir. M.T.
4. Aditya Wikan Mahastama, S.Kom., M.Cs.

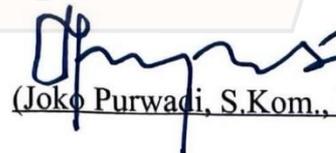


Dekan

Ketua Program Studi



(Restyandito S.Kom., MSIS., Ph.D.)



(Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom.)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS SECARA ONLINE
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NIM	:	71200534
Nama	:	Mikhael Ryan Pratama
Fakultas / Prodi	:	Teknologi Informasi / Informatika
Judul Tugas Akhir	:	PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK DETEKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO

bersedia menyerahkan Tugas Akhir kepada Universitas melalui Perpustakaan untuk keperluan akademis dan memberikan **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-free Right*) serta bersedia Tugas Akhirnya dipublikasikan secara online dan dapat diakses secara lengkap (*full access*).

Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Perpustakaan Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk *database*, merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 31 Oktober 2024

Yang menyatakan,



DUTA WACANA

71200534 – Mikhael Ryan Pratama



Karya sederhana ini dipersembahkan

kepada Tuhan, Keluarga Tercinta,

dan Kawan-kawan



You don't have to be great to start, but you have to start to be great

Zig Ziglar

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang maha kasih, karena atas segala rahmat, bimbingan, dan bantuan-Nya maka akhirnya Tugas Akhir Project dengan judul [PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK DETEKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO] ini telah selesai disusun.

Penulis memperoleh banyak bantuan dari kerja sama baik secara moral maupun spiritual dalam penulisan Tugas Akhir ini, untuk itu tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan yang maha kasih,
2. Orang tua yang selama ini telah sabar membimbing dan mendoakan penulis tanpa kenal untuk selama-lamanya,
3. Restyandito, S.Kom., M.SIS., Ph.D. selaku Dekan FTI,
4. Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom. selaku Kaprodi Informatika,
5. Dr. Phil. Lucia Dwi Krisnawati, S.S. M.A. selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah memberikan ilmunya dan kesabaran membimbing penulis,
6. Matahari Bhakti Nendya, S.Kom., M.T, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan ilmu dan kesabaran dalam membimbing penulis,
7. Keluarga tercinta yang telah mendoakan penulis,
8. Lain-lain yang telah mendukung moral, spiritual, dan dana untuk belajar.

Laporan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari segala kekurangan dan kelemahan, untuk itu segala kritikan dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua dan lebih khusus lagi bagi pengembangan ilmu komputer dan teknologi informasi.

Yogyakarta, 31 Oktober 2024



Mikhael Ryan Pratama

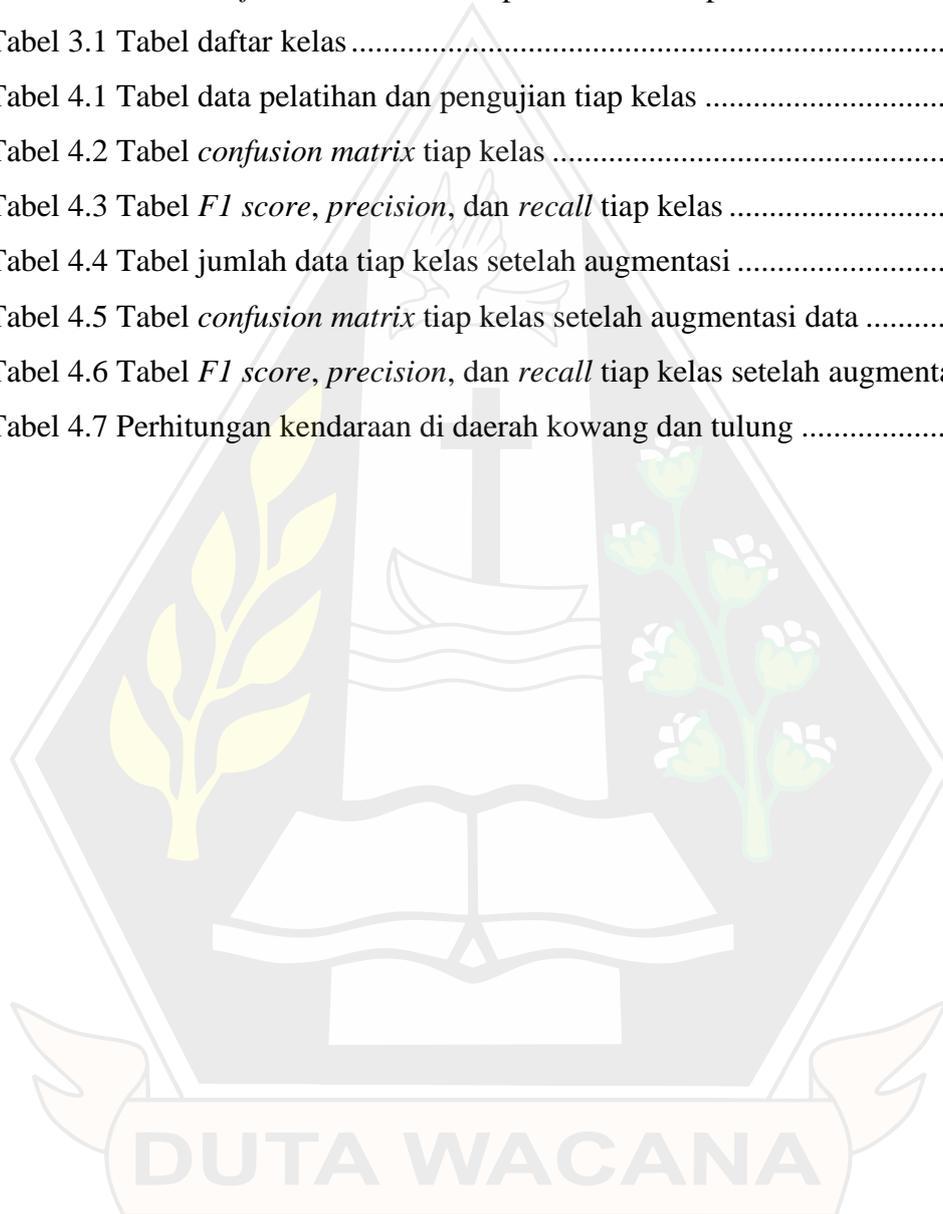
DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS SECARA ONLINE.....	vi
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA YOGYAKARTA	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Project	3
1.6. Metodologi Pengerjaan	4
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 CNN (<i>Convolutional Neural Network</i>)	8
2.2.2 YOLO (<i>You Only Look Once</i>).....	8
2.2.3 <i>Preprocessing</i>	9
2.2.4 <i>Confusion matrix</i>	9

2.2.5	<i>F1 score</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		13
3.1.	Tools.....	13
3.2.	Kebutuhan Sistem	14
3.3.	Alur diagram sistem	15
3.4.	Perancangan sistem	17
3.4.1.	Pengumpulan data	17
3.4.2.	Pengembangan program.....	17
3.4.3.	Implementasi	18
3.4.4.	Evaluasi.....	19
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN		20
4.1.	Label Data	20
4.2.	Pelatihan Model	21
4.3.	Deteksi Kendaraan	23
4.4.	Evaluasi dan Analisis	28
4.5.	Pengujian dengan Data Nyata	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		35
5.1.	Kesimpulan	35
5.2.	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN A KODE SUMBER PROGRAM		39
LAMPIRAN B KARTU KONSULTASI DOSEN 1		40
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI DOSEN 2		41
LAMPIRAN D		42

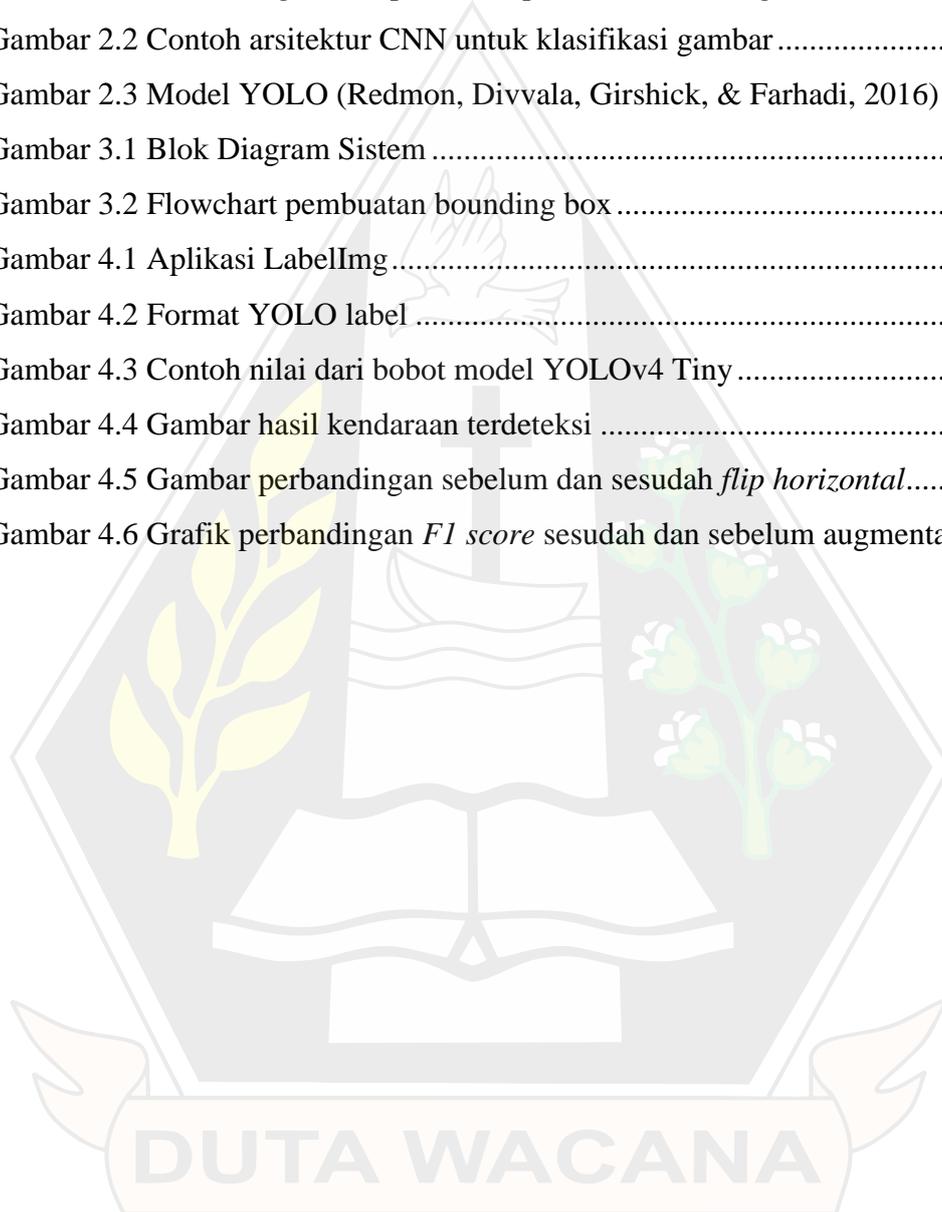
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel <i>confusion matrix</i>	10
Tabel 2.2 Tabel <i>confusion matrix</i> kasus prediksi email spam	12
Tabel 3.1 Tabel daftar kelas	18
Tabel 4.1 Tabel data pelatihan dan pengujian tiap kelas	22
Tabel 4.2 Tabel <i>confusion matrix</i> tiap kelas	29
Tabel 4.3 Tabel <i>F1 score</i> , <i>precision</i> , dan <i>recall</i> tiap kelas	29
Tabel 4.4 Tabel jumlah data tiap kelas setelah augmentasi	31
Tabel 4.5 Tabel <i>confusion matrix</i> tiap kelas setelah augmentasi data	32
Tabel 4.6 Tabel <i>F1 score</i> , <i>precision</i> , dan <i>recall</i> tiap kelas setelah augmentasi....	32
Tabel 4.7 Perhitungan kendaraan di daerah kowang dan tulung	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan kecepatan dan presisi YOLO dengan sistem <i>real-time</i>	7
Gambar 2.2 Contoh arsitektur CNN untuk klasifikasi gambar	8
Gambar 2.3 Model YOLO (Redmon, Divvala, Girshick, & Farhadi, 2016)	9
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem	15
Gambar 3.2 Flowchart pembuatan bounding box	16
Gambar 4.1 Aplikasi LabelImg	20
Gambar 4.2 Format YOLO label	21
Gambar 4.3 Contoh nilai dari bobot model YOLOv4 Tiny	23
Gambar 4.4 Gambar hasil kendaraan terdeteksi	28
Gambar 4.5 Gambar perbandingan sebelum dan sesudah <i>flip horizontal</i>	30
Gambar 4.6 Grafik perbandingan <i>F1 score</i> sesudah dan sebelum augmentasi.....	33



INTISARI

PENGEMBANGAN SISTEM OBJECT DETECTION UNTUK DETEKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO

Oleh

MIKHAEL RYAN PRATAMA

71200534

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem object detection yang mampu mendeteksi dan mengidentifikasi kendaraan bermotor berdasarkan tipe dan jenis melalui data CCTV untuk menghitung emisi karbon dengan lebih akurat. Peningkatan jumlah kendaraan di Indonesia, terutama di kota-kota besar, membawa tantangan dalam pengawasan lalu lintas dan pengendalian emisi. Oleh karena itu dengan memanfaatkan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk deteksi dan klasifikasi kendaraan bermotor, yang digunakan untuk membantu dalam prediksi emisi karbon dari kendaraan yang lewat dengan menggunakan teknologi object detection.

Sistem ini dibuat dengan menggunakan data yang didapat melalui CCTV yang diberi label dan dijadikan sebagai himpunan data. Pelatihan sistem ini dilakukan menggunakan YOLO versi 4 Tiny yang diklasifikasikan menjadi 8 kelas untuk tiap jenis kendaraan bermotor. Evaluasi sistem ini akan dilakukan dengan menggunakan *metric F1 score* untuk menilai keseimbangan antara menangkap positif yang benar (*recall*) dan menghindari kesalahan dalam memprediksi positif yang salah (*precision*).

Hasil evaluasi dari sistem ini menunjukkan bahwa model YOLOv4 Tiny yang dilatih memiliki nilai *F1 score* sebesar 71.11%. Sedangkan model YOLOv4 Tiny yang datanya telah diaugmentasi memiliki nilai *F1 score* sebesar 75.97%, yang menunjukkan adanya peningkatan setelah augmentasi data. Dengan demikian

sistem deteksi kendaraan bermotor ini berhasil memenuhi tujuan untuk menghitung kendaraan bermotor berdasarkan kelas dari tiap kendaraan dengan cukup baik.

Kata-kata kunci : Kendaraan Bermotor, YOLOv4 Tiny, Object Detection



ABSTRACT

DEVELOPMENT OF OBJECT DETECTION SYSTEM FOR VEHICLE DETECTION USING YOLO ALGORITHM

By

MIKHAEL RYAN PRATAMA

71200534

This research aims to develop an object detection system that is able to detect and identify motor vehicles based on type and type through CCTV data to calculate carbon emissions more accurately. The increasing number of vehicles in Indonesia, especially in big cities, brings challenges in traffic monitoring and emission control. Therefore, by utilizing the YOLO (*You Only Look Once*) algorithm for motor vehicle detection and classification, which is used to assist in the *prediction* of carbon emissions from passing vehicles using object detection technology.

This system is made using data obtained through CCTV which is labeled and used as a dataset. Training of this system is done using YOLO version 4 Tiny which is classified into 8 classes for each type of motor vehicle. The evaluation of this system will be carried out using the *F1 score metric* to assess the balance between capturing *true positives (recall)* and avoiding errors in predicting *false positives (precision)*.

The evaluation results of this system show that the trained YOLOv4 Tiny model has an *F1 score* value of 71.11%. While the YOLOv4 Tiny model whose data has been augmented has an *F1 score* value of 75.97%, which shows an increase after data augmentation. Thus, this motor vehicle detection system successfully fulfills the objective of counting motor vehicles based on the class of each vehicle quite well.

Keywords : motor vehicle, YOLOv4 Tiny, Object Detection

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sistem object detection memiliki fungsi penting dalam pengembangan teknologi di bidang Artificial Intelligence. Object detection adalah teknologi yang memungkinkan komputer untuk secara otomatis mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan melokalisasi objek-objek dalam citra atau video. Teknologi ini sangat penting dalam bidang kecerdasan buatan (AI) karena memungkinkan komputer untuk melihat lingkungan dengan mengidentifikasi objek dalam video atau gambar. Algoritma object detection biasanya memanfaatkan Machine Learning atau Deep Learning untuk memberikan hasil model yang dapat mendeteksi objek.

Jumlah kendaraan di Indonesia, khususnya di kota-kota besar, terus mengalami peningkatan yang cukup pesat setiap tahun. Menurut data dari Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Indonesia yang dikutip oleh situs berita Kompas, pada tahun 2013 jumlah kendaraan di Indonesia mencapai 104.211.000 unit. Angka ini menunjukkan kenaikan sebesar 11% dibandingkan dengan tahun sebelumnya (Avianto, 2016). Peningkatan jumlah kendaraan di jalan raya telah membawa berbagai halangan, termasuk pengawasan lalu lintas, pengendalian kecelakaan, dan penegakan hukum. Oleh karena itu, deteksi dan identifikasi kendaraan bergerak telah menjadi aspek penting dalam pengembangan sistem transportasi cerdas dan pengawasan lalu lintas yang baik.

Hingga saat ini, teknologi object detection telah memainkan peran utama dalam pemantauan kendaraan bermotor. Dengan kemajuan dalam bidang machine learning, deep learning dan pengolahan citra komputer, metode object detection semakin berkembang dan mampu memberikan hasil akurat dalam real-time. Sebagai contoh, algoritma seperti YOLO (*You Only Look Once*) adalah algoritma yang populer karena mencapai akurasi tinggi sekaligus dapat dijalankan secara real-time (Tan, 2020).

Meskipun sudah ada banyak penelitian sebelumnya tentang deteksi kendaraan, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Jika kita ingin memprediksi spesifikasi kendaraan dengan lebih akurat sehingga dapat memperoleh informasi seperti CC (*cubicle centimeter*) dari kendaraan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan pada sistem deteksi objek yang mampu mengidentifikasi model dari kendaraan tersebut sehingga dapat mengambil informasi lebih akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem object detection kendaraan yang dapat mendeteksi dan menghitung jumlah kendaraan bermotor yang lewat sesuai dengan varian dari kendaraannya. Sehingga dapat mendapatkan informasi terkait CC (*cubicle centimeter*) dari kendaraan dikarenakan penelitian ini ingin digunakan khusus untuk menghitung gas karbon yang dihasilkan dari kendaraan bergerak oleh karena itu penting untuk mengetahui CC (*cubicle centimeter*) dari kendaraan yang lewat agar dapat menghitung gas karbon dengan lebih akurat. Penelitian ini mencoba untuk menggunakan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk dapat mendeteksi kendaraan.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dibahas pada penelitian sistem object detection ini yaitu, berapa tinggi akurasi yang didapat model algoritma YOLO untuk mendeteksi kendaraan bermotor dengan menggunakan *metric F1 score*.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini akan menggunakan data CCTV sebagai sumber data utama untuk pelatihan dan evaluasi model deteksi kendaraan.
2. Data yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian hanya sejumlah 1000. Varian kendaraan yang terdeteksi tidak mempertimbangkan tahun, kondisi, ataupun masa pemakaian dari kendaraan

3. Varian kendaraan yang terdeteksi tidak mempertimbangkan tahun, kondisi, ataupun masa pemakaian dari kendaraan.
4. Format data yang digunakan adalah *.jpg.
5. Penelitian ini akan memfokuskan pada deteksi beberapa jenis kendaraan tertentu yaitu motor, mobil, truk, dan bus.
6. Penelitian ini akan menggunakan model YOLO (*You Only Look Once*) sebagai metode utama untuk deteksi kendaraan.
7. Penelitian ini tidak akan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal seperti cuaca atau pencahayaan yang mungkin mempengaruhi kinerja deteksi.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun sebuah sistem object detection yang dapat mengenali dan menghitung jumlah kendaraan yang lewat suatu daerah melalui analisis data dari CCTV untuk kendaraan bermotor dan membedakan berbagai jenis tipe kendaraan bermotor sesuai dengan tipe dan varian masing – masing. Selain itu, untuk menyediakan data dan informasi yang akurat tentang jumlah dan jenis kendaraan yang melewati daerah tertentu, yang dapat digunakan untuk pengambilan data informasi terkait emisi karbon yang dihasilkan di suatu daerah tersebut berdasarkan dengan jumlah dan tipe kendaraan bermotor yang melewati daerah tersebut.

1.5. Manfaat Project

Dari uraian latar belakang masalah dan tujuan penelitian, penelitian ini dapat memberi manfaat-manfaat sebagai berikut:

1. Melalui metode dan algoritma yang akan digunakan penelitian ini akan memberikan manfaat dalam mengembangkan object detection agar bisa mendapatkan informasi lebih akurat terkait CC (*cubicle centimeter*) dari kendaraan yang lewat.

2. Penelitian ini dapat memberikan perhitungan kendaraan yang bisa digunakan untuk memprediksi gas emisi karbon kendaraan yang lewat.

1.6. Metodologi Pengerjaan

Metode penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Peneliti mencari referensi dalam penulisan laporan skripsi melalui Google Scholar, IEEE, ScienceDirect, IJAR, dan lain sebagainya, dalam penelitian ini, penulis tidak hanya berpatokan pada jurnal ilmiah, namun Penulis juga membaca beberapa buku,
2. Selanjutnya, peneliti mengumpulkan data untuk himpunan data dengan mengambil data dari CCTV yang terdapat di daerah Tulung, Kowang dan Jogja,
3. Setelah mendapatkan himpunan data, peneliti selanjutnya mulai membuat label untuk tiap data sesuai dengan kelas dari tiap objek yang terdapat pada tiap data,
4. Setelah melakukan *labelling*, peneliti selanjutnya mulai membuat program dengan melakukan pelatihan menggunakan algoritma YOLO dan membuat *script* python untuk perhitungan kendaraan,
5. Setelah melakukan pelatihan, peneliti kemudian melakukan pengujian menggunakan data pengujian,
6. Setelah membuat program peneliti mulai meneliti hasil yang paling baik dalam penelitian tersebut melalui penyesuaian pada *preprocessing* model dan juga *postprocessing* model,
7. Peneliti kemudian melihat akurasi dan validasi akurasi yang ada

1.7. Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dalam beberapa bab dan sub-bab yang mencakup Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Landasan Teori, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran.

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta sistematika penulisan.

2. BAB II Tinjauan Pustaka dan Landasan teori

Pada bab ini, peneliti menyajikan tinjauan pustaka berdasarkan penelitian terdahulu yang dijadikan referensi untuk penelitian ini. Landasan teori mencakup penjelasan mengenai teori-teori, rumus, dan algoritma yang digunakan dalam penelitian.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini memuat tahapan-tahapan penelitian, metode pengumpulan data, metode pengembangan sistem, serta langkah-langkah evaluasi yang diterapkan dalam penelitian.

4. BAB IV Implementasi dan Analisis Sistem

Bab ini menguraikan proses implementasi sistem serta evaluasi yang dilakukan terhadap sistem yang telah dikembangkan.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi hasil penelitian yang dirangkum dalam bentuk kesimpulan, serta saran-saran yang dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut di masa mendatang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah penelitian deteksi objek kendaraan menggunakan YOLOv4 Tiny, diperoleh Kesimpulan bahwa dengan menggunakan YOLOv4 Tiny, kendaraan berhasil terdeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan sesuai dengan kelas dari tiap kendaraan yang lewat dengan cukup baik, ditambahkan mengintegrasikan sistem dengan algoritma *DeepSort* sehingga dapat membedakan tiap kendaraan yang lewat dan memberikan perhitungan yang sesuai dengan tiap kelas kendaraan.

Dari hasil uji coba sistem menggunakan *metric F1 score* setelah augmentasi, terjadi peningkatan signifikan pada F1 score kelas tersebut dari 50% menjadi 90,91%. Augmentasi ini efektif dalam meningkatkan performa deteksi untuk kelas motor sport, namun berdampak kecil pada kelas-kelas lain seperti mobil sedan, truk pickup, dan motor scooter, yang hanya mengalami sedikit perubahan. Pengacakan ulang data pelatihan dan pengujian setelah augmentasi mengakibatkan sedikit perubahan dalam komposisi dataset, yang turut memengaruhi performa model pada beberapa kelas dengan penurunan kecil pada F1 score. Meskipun demikian, secara keseluruhan, F1 score rata-rata untuk semua kelas meningkat dari 71,11% menjadi 75,97%, menunjukkan bahwa augmentasi berhasil meningkatkan akurasi deteksi model dalam skala yang lebih luas. Berdasarkan hasil pengujian dengan data asli menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi kendaraan dengan cukup baik dan mampu membedakan tiap jenis kendaraan yang lewat di daerah Kowang dan Tulung dengan baik.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Optimisasi parameter *config* YOLO dengan parameter *saturation*, *steps*, dst
2. Pembagian pengujian dan pelatihan yang lebih rata

3. Augmentasi atau peningkatan jumlah data untuk jumlah data di kelas yang tidak seimbang datanya



DAFTAR PUSTAKA

- AlexeyAB. (2021). *darknet*. Retrieved from <https://github.com/AlexeyAB/darknet>
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., . . . Farhan, M. A.-A. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN.
- Asmorkalov. (1999). *opencv*. Retrieved from <https://github.com/opencv/opencv>
- Avianto, D. (2016). PENGENALAN POLA KARAKTER PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA MOMENTUM BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK. *Jurnal Informatika*.
- Chaki, J., & Dey, N. (2019). *A BEGINNER'S GUIDE TO IMAGE PREPROCESSING TECHNIQUES*. CRC Press.
- Faizal, M. R., & Nugraha, D. T. (2019). *Klasifikasi dengan Bahasa Pemrograman R*.
- Gomaa, A., Minematsu, T., Abdelwahab, . M., Abo-Zahhad, M., & Taniguchi, R.-i. (2022). Faster CNN-based vehicle detection and counting.
- HumanSignal. (2022, September 22). *labelImg*. Retrieved from github: <https://github.com/HumanSignal/labelImg>
- learn, s. (2024). *scikit-learn*. Retrieved from github: <https://github.com/scikit-learn/scikit-learn>
- Lin, C.-J., Jeng, S.-Y., & Lioa, H.-W. (2021). A Real-Time Vehicle Counting, Speed Estimation, and.
- ngoldbaum. (1995). *numpy*. Retrieved from <https://github.com/numpy/numpy>
- nwojke. (2019, April 1). *DeepSort*. Retrieved from github: https://github.com/nwojke/deep_sort
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection.
- Sudjana, A. W., & Supeno, H. (2022). Implementasi Deep Learning untuk Object.
- Tan, B. (2020, May 3). *towardsdatascience*. Retrieved Oktober 10, 2023, from towardsdatascience: <https://towardsdatascience.com/guide-to-car-detection-using-yolo-48caac8e4ded>

Tzutalin. (2018). *labelImg*. Retrieved from <https://github.com/HumanSignal/labelImg>

whynotw. (2019, November 14). *YOLO metric*. Retrieved from github: https://github.com/whynotw/YOLO_metric

Zhang, Y., Guo, Z., Wu, J., Tian, Y., Tang, H., & Guo, X. (2022). Real-Time Vehicle Detection Based on Improved YOLO v5.

