

**SISTEM DETEKSI HELM MENGGUNAKAN ALGORITMA  
YOLOv8 PADA PENGENDARA SEPEDA MOTOR**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Sarjana Teknik (S.T.)



**Disusun oleh:**

**ISMAIL BINTANG**

**NPM. 3332190037**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**2024**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Sistem Deteksi Helm Menggunakan Algoritma YOLOv8  
Pada Pengendara Sepeda Motor

Nama Mahasiswa : Ismail Bintang

NPM : 3332190037

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

12 Juni  
Cilegon, .... 2024



Ismail Bintang

NPM. 3332190037

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut:

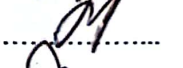
Judul : Sistem Deteksi Helm Menggunakan Algoritma YOLOv8  
Pada Pengendara Sepeda Motor

Nama Mahasiswa : Ismail Bintang

NPM : 3332190037

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 12 Juni 2024 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS / ~~TIDAK LULUS~~.

|               | Dewan Penguji                        | Tanda Tangan  |
|---------------|--------------------------------------|---|
| Pembimbing I  | : Imamul Muttakin, S.T., M.Eng. Ph.D |    |
| Pembimbing II | : Fadil Muhammad, S.T., MT           |   |
| Penguji I     | : Rian Fabrizar, S.T., M.Eng.        |  |
| Penguji II    | : Ceri Ahendyarti, S.T., M.Eng.      |  |

Mengetahui,

Ketua Jurusan

  
Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.

NIP. 198103282010121001

## PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga laporan skripsi ini dapat saya selesaikan. Laporan ini merupakan bagian dari penugasan akademik dalam menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banyak pihak telah memberikan bantuan, arahan, dan dorongan selama penulisan ini. Oleh sebab itu, saya ucapkan terima kasih kepada.

1. Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan yang diperlukan selama proses penulisan skripsi ini.
2. Imamul Muttakin, S.T., M.Eng. Ph.D dan Fadil Muhammad, S.T., MT sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta kritik konstruktif selama proses penulisan skripsi ini.
3. Rian Fahrizal, S.T., M.Eng. dan Ceri Ahendyarti, S.T., M.Eng. selaku penguji skripsi yang telah menguji dan memberikan masukan yang berharga guna penyempurnaan laporan skripsi ini.
4. Fadil Muhammad, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama perjalanan studi saya di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi dalam setiap langkah penelitian ini.
6. Rekan-rekan di Kontrakan Jajatgakure yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi, serta berkontribusi dalam penyelesaian proyek ini.

Akhir kata, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Cilegon, 12 Juni 2024



Ismail Bintang

## ABSTRAK

Ismail Bintang

Teknik Elektro

### Sistem Deteksi Helm Menggunakan Algoritma YOLOv8 Pada Pengendara Sepeda Motor

Di Indonesia, angka kecelakaan lalu lintas terus meningkat setiap tahun, terutama yang melibatkan pengendara motor. Mengendarai motor sangat berbahaya jika tidak menggunakan perlengkapan keselamatan yang sesuai, seperti helm. Oleh karena itu, penggunaan helm sangat krusial untuk keselamatan berkendara. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi pendeteksi helm pada pengendara motor dengan menggunakan algoritma YOLOv8 berbasis *deep learning*, yang diterapkan pada perangkat tepi seperti Jetson Nano secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma YOLOv8 memiliki kemampuan deteksi helm yang tinggi dalam pengujian langsung, dengan f1-score mencapai 91,1% untuk kelas 'Helm', 81,7% untuk kelas 'Rider', dan 33,0% untuk kelas 'Tidak Helm'. Analisis komputasi menunjukkan penggunaan CPU rata-rata sebesar 78,0%, penggunaan RAM rata-rata sebesar 77,4%, suhu komponen berkisar antara 33°C hingga 65°C, total daya pemakaian rata-rata 6.5 W, penggunaan GPU yang bervariasi (dari 0.1% hingga 99%), serta FPS rata-rata 11.

Kata Kunci: Helm, Deteksi Objek, YOLOv8, Jetson Nano

## ***ABSTRACT***

Ismail Bintang

Teknik Elektro

### Helmet Detection System For Motorcyclists Using YOLOv8 Algorithm

In Indonesia, the number of traffic accidents continues to increase every year, especially those involving motorcyclists. Riding a motorcycle is very dangerous without the proper safety equipment, such as a helmet. Therefore, helmet use is crucial for riding safety. This research aims to develop helmet detection technology for motorcyclists using the YOLOv8 algorithm based on deep learning, implemented on edge devices like the Jetson Nano in real-time. The results show that the YOLOv8 algorithm has a high helmet detection capability in live testing, with an f1-score of 91.1% for the 'Helmet' class, 81.7% for the 'Rider' class, and 33.0% for the 'No Helmet' class. Computational analysis shows an average CPU usage of 78.0%, average RAM usage of 77.4%, component temperatures ranging from 33°C to 65°C, total average power consumption of 6.5 W, varying GPU usage (from 0.1% to 99%), and an average FPS of 11.

Keywords: Helmet, Object Detection, YOLOv8, Jetson Nano

## DAFTAR ISI

|  |           |
|--|-----------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                             | <b>i</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                   | <b>v</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                   | <b>vi</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                              | <b>ix</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                              | <b>x</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                          | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang.....                                | 1         |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                               | 3         |
| 1.3 Batasan Masalah .....                              | 3         |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                            | 4         |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                           | 4         |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                        | 4         |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                   | <b>6</b>  |
| 2.1 Regulasi Pelanggaran Lalu Lintas .....             | 6         |
| 2.2 <i>Artificial Intelligence</i> .....               | 6         |
| 2.3 <i>Machine Learning</i> .....                      | 7         |
| 2.4 Computer Vision.....                               | 8         |
| 2.5 Deteksi Objek.....                                 | 9         |
| 2.5.1 <i>Object Tracking</i> .....                     | 10        |
| 2.6 <i>Deep Learning</i> .....                         | 11        |
| 2.7 YOLO .....   | 12        |
| 2.7.1 YOLOv8.....                                      | 13        |
| 2.8 Teknik <i>Cropping</i> untuk Sistem.....           | 15        |
| 2.9 Metrik Evaluasi dalam <i>Computer Vision</i> ..... | 15        |
| 2.10 Jetson Nano.....                                  | 16        |
| 2.11 Kajian Terdahulu .....                            | 17        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                   | <b>19</b>  |
| 3.1 Diagram Metodologi .....   | 19         |
| 3.2 Komponen Penelitian .....  | 20         |
| 3.3 Metode Penelitian .....  | 23         |
| 3.3.1 Studi Literatur .....  | 24         |
| 3.3.2 Akuisisi Data .....  | 24         |
| 3.3.3 <i>Pre-processing Data</i> .....                                       | 25         |
| 3.3.4 <i>Pelatihan Dataset</i> .....   | 27         |
| 3.3.5 Perancangan Sistem Deteksi .....                                       | 30         |
| 3.3.6 <i>Deployment</i> dan Pengujian Sistem .....                           | 31         |
| 3.3.7 Evaluasi .....   | 33         |
| <b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>                                  | <b>35</b>  |
| 4.1 Analisis Model <i>Training</i> YOLOv8 .....                              | 35         |
| 4.2 Analisis <i>Testing</i> Model Pada Video .....                           | 37         |
| 4.3 Analisis Pengujian Sistem <i>Live Feed</i> menggunakan Jetson Nano ..... | 39         |
| 4.3.2 Hasil Analisis Pengujian Sistem pada Pagi Hari .....                   | 40         |
| 4.3.3 Hasil Analisis Pengujian Sistem pada Siang Hari .....                  | 43         |
| 4.3.4 Hasil Analisis Pengujian Sistem pada Sore Hari .....                   | 46         |
| 4.4 Analisa Performa Sistem Deteksi Helm .....                               | 50         |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>   | <b>55</b>  |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 55         |
| 5.2 Saran .....  | 55         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>A-1</b> |
| <b>LAMPIRAN A <i>OUTPUT</i> GRAFIK MODEL .....</b>                           | <b>A-1</b> |
| <b>LAMPIRAN B SAMPEL DATA .....</b>  | <b>B-1</b> |
| <b>LAMPIRAN C KONFIGURASI PENGUJIAN .....</b>                                | <b>C-1</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Kerangka Umum <i>Artificial Intelligence</i> [19] .....   | 7  |
| Gambar 2.2 Jenis Sub-bidang <i>Computer Vision</i> [23].....   | 9  |
| Gambar 2.3 Pembagian gambar menjadi sel-sel grid dan prediksi yang sesuai<br>untuk satu sel grid [31]..... | 13 |
| Gambar 2.4 Arsitekur YOLOv8 [34].....  | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....   | 19 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir <i>Pre-processing</i> Data <i>Training</i> .....                                   | 25 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir <i>Pre-processing</i> Data <i>Validation</i> .....                                 | 26 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Pelatihan Dataset.....   | 28 |
| Gambar 3.5 Diagram Alir Sistem Deteksi Helm .....  | 31 |
| Gambar 3.6 Skema Rangkaian Pengujian Sistem .....  | 32 |
| Gambar 3.7 Skema Lingkungan saat Pengujian .....   | 33 |
| Gambar 3.8 Blok Diagram Pengujian Sistem .....   | 33 |
| Gambar 4.1 <i>Confusion Matrix</i> Model <i>Training</i> .....   | 35 |
| Gambar 4.2 Kurva <i>Precision-Recall</i> Model <i>Training</i> .....                                       | 37 |
| Gambar 4.3 Tampilan Sistem Deteksi Helm <i>Real-time</i> menggunakan Jetson Nano<br>.....                  | 40 |
| Gambar 4.4 Grafik Penggunaan GPU Pengujian Pagi Hari.....  | 43 |
| Gambar 4.5 Grafik Penggunaan GPU Pengujian Siang Hari.....   | 46 |
| Gambar 4.6 Grafik Penggunaan GPU Pengujian Sore Hari .....   | 49 |
| Gambar 4.7 Kasus <i>False Positives</i> pada Pengujian Langsung .....                                      | 51 |
| Gambar 4.8 Kasus <i>False Negatives</i> pada Pengujian Langsung .....                                      | 52 |
| Gambar 4.9 Hasil <i>Cropping</i> tanpa Sistem <i>Tracking</i> .....  | 53 |
| Gambar 4.10 Hasil <i>Cropping</i> dengan menggunakan Sistem <i>Tracking</i> .....                          | 53 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi Laptop.....  | 21 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Jetson Nano .....  | 22 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Webcam</i> .....  | 23 |
| Tabel 3.4 Jumlah Total Aktual Objek Pada Video <i>Testing</i> .....                                    | 26 |
| Tabel 3.5 Jumlah Total Anotasi Pada Tiap Kategori Kelas.....   | 27 |
| Tabel 3.6 Konfigurasi <i>Hyperparameter</i> .....  | 28 |
| Tabel 3.7 Kondisi Lingkungan Pengujian Sistem.....   | 31 |
| Tabel 4.1 Hasil Metrik Evaluasi Model <i>Training</i> .....  | 36 |
| Tabel 4.2 Hasil Prediksi Dan Evaluasi Model Pada Video <i>Testing</i> Pagi Hari.....                   | 37 |
| Tabel 4.3 Hasil Prediksi Dan Evaluasi Model Pada Video <i>Testing</i> Siang Hari....                   | 38 |
| Tabel 4.4 Hasil Prediksi Dan Evaluasi Model Pada Video <i>Testing</i> Siang Hari....                   | 39 |
| Tabel 4.5 Hasil Prediksi Dan Evaluasi Model Pada Video <i>Testing</i> Pagi Hari.....                   | 40 |
| Tabel 4.6 Hasil Kecepatan Pemrosesan Deteksi Per- <i>frame</i> Pada Pagi Hari .....                    | 41 |
| Tabel 4.7 Hasil Performa Jetson Nano pada Pagi Hari .....  | 42 |
| Tabel 4.8 Hasil Prediksi Dan Evaluasi Model Pada Pengujian <i>Real-time</i> Sistem<br>Siang Hari ..... | 44 |
| Tabel 4.9 Hasil Kecepatan Pemrosesan Deteksi Per- <i>frame</i> Pada Siang Hari .....                   | 44 |
| Tabel 4.10 . Hasil Performa Jetson Nano pada Siang Hari.....   | 45 |
| Tabel 4.11 Hasil Prediksi Dan Evaluasi Model Pada Pengujian <i>Real-time</i> Sistem<br>Sore Hari ..... | 47 |
| Tabel 4.12 Hasil Kecepatan Pemrosesan Deteksi Per- <i>frame</i> Pada Sore Hari.....                    | 47 |
| Tabel 4.13 Hasil Performa Jetson Nano pada Sore Hari.....  | 48 |
| Tabel 4.14 Hasil Pengujian Secara Keseluruhan .....  | 50 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas adalah ancaman serius bagi pengguna jalan di seluruh dunia dan berakibat fatal. Di Indonesia, angka kecelakaan terus meningkat. Pada 2021, tercatat lebih dari 103.645 kecelakaan, naik dari 100.028 kasus pada tahun sebelumnya menurut data Kementerian Perhubungan dan Korlantas Polri [1]. Kecelakaan lalu lintas berkontribusi besar sebagai salah satu penyebab kematian di Indonesia dengan tingkat fatalitas yang tinggi. Data menunjukkan sekitar 25 ribu orang meninggal dunia setiap tahunnya akibat kecelakaan lalu lintas [2]. Sepeda motor paling rentan dan sering terlibat kecelakaan di Indonesia, sehingga perlu tindakan untuk mengurangi angka tersebut [3].

Penggunaan helm saat berkendara motor sangat penting untuk keselamatan jalan. Helm melindungi kepala dan dapat mengurangi risiko cedera kepala hingga 69% dan kematian hingga 42% [4]. Di Indonesia, penggunaan helm yang memenuhi standar keamanan nasional telah diwajibkan oleh Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan [5]. Namun, tantangan tetap ada dalam memastikan pengendara mematuhi standar helm. Oleh karena itu, pengembangan sistem deteksi helm otomatis penting untuk penegakan aturan dan meningkatkan keselamatan [6].

Salah satu cara terbaru untuk meningkatkan kepatuhan pengendara motor dalam menggunakan helm adalah dengan memanfaatkan teknologi, seperti *Electronic Traffic Law Enforcement* (E-TLE) di Indonesia. E-TLE adalah sistem yang memanfaatkan teknologi untuk melakukan pengawasan dan penilangan pelanggar lalu lintas secara otomatis [7]. Kamera *Closed Circuit Television* (CCTV) mengambil gambar pelanggaran, lalu sistem memprosesnya untuk mendeteksi pelanggaran [8]. Keuntungan E-TLE adalah mengurangi beban kerja polisi dan memastikan penegakan hukum yang lebih adil dan objektif [9]. Namun, E-TLE memiliki kelemahan dalam mendeteksi pelanggaran tertentu, seperti penggunaan helm pada pengendara sepeda motor [10], [11]. Oleh karena itu, perlu

evaluasi dan pengembangan teknologi pendukung untuk mengatasi keterbatasan ini.

Dalam E-TLE, teknologi *deep learning* diimplementasikan pada CCTV untuk mendeteksi objek dalam gambar atau video [12]. *Deep learning* adalah cabang dari *machine learning*, menggunakan jaringan saraf tiruan untuk memproses data kompleks [13]. Deteksi objek adalah tugas penting dalam computer vision, dengan aplikasi seperti deteksi wajah, mobil otonom, dan pengawasan [14]. Metode umum deteksi objek termasuk *Region Based Convolutional Neural Networks* (R-CNN), *Faster R-CNN*, *Single-shot Detector* (SSD), dan *You Only Look Once* (YOLO) [15]. Penelitian ini memilih YOLO karena kemampuannya mendeteksi objek secara *real-time* dengan akurasi tinggi, cocok untuk deteksi helm yang memerlukan respons cepat.

Dalam penelitian ini, digunakan algoritma terbaru YOLOv8 yang dikembangkan oleh Ultralytics [16]. Struktur YOLOv8 berbeda dengan versi sebelumnya, yang memungkinkannya untuk bekerja lebih akurat dan memiliki nilai mAP (*mean Average Precision*) yang lebih tinggi saat diuji pada dataset *Common Object* (COCO) [17]. Algoritma ini memiliki arsitektur kompleks dan tidak sepenuhnya transparan, membuatnya sulit dipahami dan direproduksi [17]. Meski begitu, YOLOv8 dapat diaplikasikan untuk berbagai tugas deteksi objek dan segmentasi gambar, serta dilatih pada dataset besar dan dijalankan di berbagai *platform hardware* [17]. Meskipun masih sedikit digunakan, YOLOv8 terus dikembangkan untuk meningkatkan akurasi dan kestabilannya dalam aplikasi praktis [17].

Penelitian ini berharap teknologi seperti algoritma YOLOv8 meningkatkan akurasi, efektivitas, dan efisiensi deteksi helm. Hasil penelitian diharapkan membantu mengembangkan E-TLE untuk mendeteksi helm dengan lebih akurat dan andal, membantu penegak hukum meminimalkan kesalahan tilang. Selain itu, diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kesadaran masyarakat untuk lebih patuh terhadap aturan berkendara dan pentingnya penggunaan perlengkapan keamanan berkendara yang tepat, khususnya penggunaan helm, guna menciptakan lingkungan berkendara yang lebih aman.

## 1.2 Rumusan Masalah

Terdapat beberapa permasalahan pada penelitian sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor menggunakan algoritma YOLOv8 berbasis *deep learning* yang diharapkan dapat diselesaikan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Bagaimana cara melakukan pendeteksian helm bagi pengendara motor menggunakan berbasis deep learning menggunakan model YOLOv8?
2. Bagaimana kinerja dari model YOLOv8 pada pendeteksian helm bagi pengendara sepeda motor?
3. Bagaimana kinerja dari keseluruhan sistem pendeteksian helm bagi pengendara sepeda motor yang telah dibuat dalam pengujian secara langsung?

## 1.3 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah yang sudah ditentukan pada penelitian sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor menggunakan algoritma YOLOv8, diantaranya:

1. Sistem deteksi ini mendeteksi penggunaan helm bagi pengendara kendaraan sepeda motor.
2. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang memadai, dengan durasi pengujian selama 10-25 menit pada masing-masing periode waktu berikut: antara jam 7 sampai 9 pagi, jam 1 sampai 3 siang, dan jam 4 sampai 6 sore.
3. Pengujian sistem dilakukan di jalan raya Cilegon, penempatan sistem diletakkan diatas jalan penyeberangan orang.
4. Komponen utama yang digunakan yaitu papan komputasi Jetson Nano untuk sistem deteksi penggunaan helm serta komponen visi yaitu *webcam* Logitech C270.
5. Pengevaluasian dilakukan dengan tolak ukur *precision*, *recall*, *f<sub>1</sub>-score*, *mean Average Precision*, FPS, dan penggunaan komponen pada Jetson Nano.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan yang diharapkan tercapai pada penelitian sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor menggunakan algoritma YOLOv8 berbasis *deep learning*, diantaranya:

1. Mengembangkan sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor yang otomatis dan *real-time* dengan basis *deep learning* menggunakan algoritma YOLOv8.
2. Mengembangkan sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor yang akurat dengan basis *deep learning* menggunakan algoritma YOLOv8.
3. Menerapkan sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor dengan menggunakan algoritma YOLOv8 berbasis *deep learning* pada perangkat Jetson Nano.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang dapat diperoleh pada penelitian sistem deteksi helm pada pengendara sepeda motor menggunakan algoritma YOLOv8 berbasis *deep learning*, diantaranya:

1. Membantu pengembangan teknologi deteksi helm pada pengendara sepeda motor yang dapat beroperasi secara otomatis dan *real-time*, sehingga dapat meningkatkan keamanan berkendara di jalan raya.
2. Menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan teknologi deteksi helm pada pengendara sepeda motor berbasis *deep learning*, terutama dengan menggunakan algoritma YOLOv8 yang masih relatif baru.
3. Meningkatkan penggunaan Jetson Nano pada sistem deteksi objek berbasis *deep learning* untuk memperluas penggunaannya di berbagai aplikasi teknologi lainnya.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Struktur keseluruhan skripsi ini disusun dalam lima bab. Setiap babnya memiliki fokus khusus yang akan dijelaskan sebagai berikut.

### BAB I

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah yang mendasari penelitian, disertai dengan tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, serta sistematika penulisan.

## BAB II

Bab ini mencakup tinjauan terhadap penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian yang sedang dilaksanakan. Selain itu, bab ini juga menguraikan dasar-dasar teoritis mengenai sepeda motor, helm, *machine learning*, *deep learning*, *computer vision*, pendeteksian objek, *object tracking*, YOLO, *edge computing*, dan Jetson Nano.

## BAB III

Bab ini mencakup penjabaran mengenai metode yang digunakan, alur penelitian, komponen penelitian, pengolahan data yang akan digunakan, perancangan sistem, *deployment* serta pengujian sistem.

## BAB IV

Bab ini memuat hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan beserta analisisnya, yang dikaji berdasarkan pada parameter penelitian dan batasan yang telah ditetapkan sebelumnya.

## BAB V

Berisi kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian beserta saran yang dapat menjadi arahan untuk penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Akbar and S. A. Kamaruddin, “Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Tidak Aman pada Pengendara Ojek dan Becak Motor di Kota Kotamobagu Factors Related to Unsafe Behavior Among Motorcycle Taxi and Auto Rickshaw Drivers in the City of Kotamobagu,” *PROMOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 12, no. 1, pp. 36–42, 2022, doi: 10.56338/pjkm.v12i1.2443.
- [2] F. Lestari, L. Febria Lina, N. D. Puspaningtyas, and I. Cahya Pratama, “PENINGKATAN PENGETAHUAN PATUH BERLALU LINTAS DAN BERKENDARA AMAN PADA SISWA SMA 1 NATAR,” *Journal of Technology and Social for Community Service (JTSCS)*, vol. 3, no. 2, pp. 249–253, 2022, doi: 10.33365/jstscs.v3i2.2118.
- [3] L. A. Rizqandini, D. Lintang Trenggonowati, and L. Lady, “EFEK USIA, PENGALAMAN BERKENDARA, DAN TINGKAT KECELAKAAN TERHADAP DRIVER BEHAVIOR PENGENDARA SEPEDA MOTOR,” *J Teknol*, vol. 12, no. 1, pp. 57–64, 2020, doi: 10.24853/jurtek.12.1.57-64.
- [4] M. Tabary *et al.*, “The effectiveness of different types of motorcycle helmets – A scoping review,” *Accid Anal Prev*, vol. 154, May 2021, doi: 10.1016/j.aap.2021.106065.
- [5] M. Yulianingsih and Fridino, “IMPLEMENTASI UU NO. 22 TAHUN 2009 YANG BERKAITAN DENGAN PENGGUNAAN HELM SNI DI KECAMATAN TEBAS,” *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan*, vol. 3, no. 2, pp. 111–120, 2019, doi: 10.31571/pkn.v3i2.1434.
- [6] B. Sugandi and S. Lifitri, “Deteksi Pelanggaran Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Sensor Visual,” *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 11, no. 2, pp. 315–323, Aug. 2022, doi: 10.23887/jstundiksha.v11i2.50287.
- [7] A. S. Nugroho, “ELECTRONIC TRAFFIC LAW ENFORCEMENT (ETLE) MOBILE SEBAGAI DIFUSI INOVASI, INTEROPERABILITAS MENUJU ETLE NASIONAL (STUDI IMPLEMENTASI ETLE MOBILE



- DI WILAYAH PROPINSI JAWA TENGAH),” *Jurnal Ilmu Kepolisian*, vol. 16, no. 3, pp. 157–176, 2022, doi: 10.35879/jik.v16i3.358.
- [8] A. R. Admoko and Supriyadi, “Penerapan Sanksi Denda Tilang Elektronik Traffic Law Enforcement (E-TLE) Berdasarkan Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan,” *MLJ Merdeka Law Journal*, vol. 3, no. 2, pp. 148–156, 2022, doi: 10.26905/mlj.v3i2.9220.
- [9] F. Nurany, A. Nasya Damayanti, F. Aetika Wulandari, F. Nuzul Furqonia, A. Sulthon AHK, and U. Bhayangkara Surabaya, “KUALITAS PELAYANAN PUBLIK PADA LAYANAN E-TILANG SURABAYA,” *Jurnal Aplikasi Administrasi*, vol. 24, no. 1, pp. 9–22, 2021, doi: 10.30649/aamama.v24i1.51.
- [10] T. Sutrisna, “Kelemahan E-TLE, dari Belum Bisa Ciduk Pengendara Tak Pakai Helm hingga Salah Tilang,” *KOMPAS.com*. Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://megapolitan.kompas.com/read/2022/11/12/12001381/kelemahan-e-tle-dari-belum-bisa-ciduk-pengendara-tak-pakai-helm-hingga>
- [11] T. Sutrisna, “Polda Metro: E-TLE Belum Bisa Tilang Pengendara Tak Pakai Helm dan Kendaraan Kelebihan Penumpang,” *KOMPAS.com*. Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://megapolitan.kompas.com/read/2022/11/11/16550771/polda-metro-etle-belum-bisa-tilang-pengendara-tak-pakai-helm-dan>
- [12] K. Adi, C. E. Widodo, and A. Pujiwidodo, “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF TRAFFIC VIOLATION DETECTION SYSTEMS WITH DEEP LEARNING TO SUPPORT ELECTRONIC TRAFFIC LAW ENFORCEMENT (e-TLE),” *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 16, no. 10, pp. 1062–1070, 2021.
- [13] J. Chai, H. Zeng, A. Li, and E. W. T. Ngai, “Deep learning in computer vision: A critical review of emerging techniques and application scenarios,” *Machine Learning with Applications*, vol. 6, pp. 1–13, 2021, doi: 10.24433/CO.0411648.v1.

- [14] Z.-Q. Zhao, P. Zheng, S. Xu, and X. Wu, "Object Detection with Deep Learning: A Review," *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*, vol. 30, no. 11, pp. 3212–3232, Jul. 2019, doi: 10.1109/TNNLS.2018.2876865.
- [15] S. Srivastava, A. V. Divekar, C. Anilkumar, I. Naik, V. Kulkarni, and V. Pattabiraman, "Comparative analysis of deep learning image detection algorithms," *J Big Data*, vol. 8, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s40537-021-00434-w.
- [16] D. Bhabad, S. Kadam, T. Malode, G. Shinde, and D. Bage, "Object Detection for Night Vision using Deep Learning Algorithms," *International Journal of Computer Trends and Technology*, vol. 71, no. 2, pp. 87–92, Feb. 2023, doi: 10.14445/22312803/IJCTT-V71I2P113.
- [17] S. Wu, Z. Li, S. Li, Q. Liu, and W. Wu, "Static Gesture Recognition Algorithm Based on Improved YOLOv5s," *Electronics (Switzerland)*, vol. 12, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/electronics12030596.
- [18] A. A. Mirza *et al.*, "The Use of Artificial Intelligence in Medical Imaging: A Nationwide Pilot Survey of Trainees in Saudi Arabia," *Clin Pract*, vol. 12, no. 6, pp. 852–866, Dec. 2022, doi: 10.3390/clinpract12060090.
- [19] Y. Xu *et al.*, "Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research," *The Innovation*, vol. 2, no. 4. Cell Press, Nov. 28, 2021. doi: 10.1016/j.xinn.2021.100179.
- [20] I. H. Sarker, "Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions," *SN Comput Sci*, vol. 2, no. 3, May 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00592-x.
- [21] M. Abdullah-Al-Noman, A. N. Eva, T. B. Yeahyea, and R. Khan, "Computer Vision-based Robotic Arm for Object Color, Shape, and Size Detection," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 3, no. 2, pp. 180–186, Mar. 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i2.13906.
- [22] J. Peddie, E. Fonseka, K. Akeley, M. Mangan, P. Debevec, and M. Raphael, "A vision for computer vision: Emerging technologies," in *ACM SIGGRAPH 2016 Panels, SIGGRAPH 2016*, Association for Computing Machinery, Inc, Jul. 2016. doi: 10.1145/2927383.2933233.

- [23] A. I. Khan and S. Al-Habsi, "Machine Learning in Computer Vision," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2020, pp. 1444–1451. doi: 10.1016/j.procs.2020.03.355.
- [24] K. L. Masita, A. N. Hasan, and T. Shongwe, "Deep Learning in Object Detection: a Review," in *2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*, 2020, pp. 1–11. doi: DOI:10.1109/icABCD49160.2020.9183866.
- [25] Y. Xiao *et al.*, "A review of object detection based on deep learning," *Multimed Tools Appl*, vol. 79, no. 33–34, pp. 23729–23791, Sep. 2020, doi: 10.1007/s11042-020-08976-6.
- [26] J. Kaur and W. Singh, "Tools, techniques, datasets and application areas for object detection in an image: a review," *Multimed Tools Appl*, vol. 81, no. 27, pp. 38297–38351, Nov. 2022, doi: 10.1007/s11042-022-13153-y.
- [27] B. Mirzaei, H. Nezamabadi-pour, A. Raoof, and R. Derakhshani, "Small Object Detection and Tracking: A Comprehensive Review," *Sensors*, vol. 23, no. 15, Aug. 2023, doi: 10.3390/s23156887.
- [28] M. Abouelyazid, "Comparative Evaluation of SORT, DeepSORT, and ByteTrack for Multiple Object Tracking in Highway Videos," *International Journal of Sustainable Infrastructure for Cities and Societies*, vol. 8, no. 11, pp. 42–52, 2023.
- [29] V. A. Golovko, "Deep learning: an overview and main paradigms," *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*, vol. 26, no. 1, pp. 1–17, Jan. 2017, doi: 10.3103/S1060992X16040081.
- [30] L. Alzubaidi *et al.*, "Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions," *J Big Data*, vol. 8, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s40537-021-00444-8.
- [31] T. Diwan, G. Anirudh, and J. V. Tembhurne, "Object detection using YOLO: challenges, architectural successors, datasets and applications," *Multimed Tools Appl*, vol. 82, no. 6, pp. 9243–9275, Mar. 2023, doi: 10.1007/s11042-022-13644-y.

- [32] J. Terven and D. Cordova-Esparza, "A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and Beyond," Apr. 2023, doi: 10.48550/arXiv.2304.00501.
- [33] M. Lalinia and A. Sahafi, "Colorectal polyp detection in colonoscopy images using YOLO-V8 network," *Signal Image Video Process*, vol. 18, no. 3, pp. 2047–2058, Apr. 2024, doi: 10.1007/s11760-023-02835-1.
- [34] Z. Huang, L. Li, G. C. Krizek, and L. Sun, "Research on Traffic Sign Detection Based on Improved YOLOv8," *Journal of Computer and Communications*, vol. 11, no. 07, pp. 226–232, 2023, doi: 10.4236/jcc.2023.117014.
- [35] "results - Ultralytics YOLOv8 Docs." Accessed: May 17, 2024. [Online]. Available: <https://docs.ultralytics.com/reference/engine/results/>
- [36] Provost James, "NVIDIA MAKES IT EASY TO EMBED AITHE JETSON NANO PACKS A LOT OF MACHINE-LEARNING POWER INTO DIY PROJECTS," 2020. doi: 10.1109/MSPEC.2020.9126102.
- [37] Z. Deng, C. Yao, and Q. Yin, "Safety Helmet Wearing Detection Based on Jetson Nano and Improved YOLOv5," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2023, pp. 1–12, May 2023, doi: 10.1155/2023/1959962.
- [38] M. Oliveira Jr., G. Sedrez, G. de Souza, and G. Cavalheiro, "An Application with Jetson Nano for Plant Stress Detection and On-field Spray Decision," Scitepress, Feb. 2022, pp. 215–222. doi: 10.5220/0010983900003118.
- [39] W. Rahmaniar and A. Hernawan, "Real-time human detection using deep learning on embedded platforms: A review," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 6. Department of Agribusiness, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, pp. 462-468Y, Nov. 01, 2021. doi: 10.18196/jrc.26123.
- [40] A. Chairat, M. N. Dailey, and D. Raj, "Low Cost, High Performance Automatic Motorcycle Helmet Violation Detection," in *2020 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 2020, pp. 3560–3568. doi: 10.1109/WACV45572.2020.9093538.

- [41] M. Luqman Bukhori and E. E. Prasetyo, “Jetson Nano-Based Mask Detection System with TensorFlow Deep Learning Framework,” *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI*, vol. 12, no. 1, pp. 15–21, 2022, doi: 10.22146/jnteti.v12i1.5472.
- [42] K. Al-Nujaidi, G. Al-Habib, and A. Al-Odhieb, “Spot-the-Camel: Computer Vision for Safer Roads,” *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, vol. 14, no. 2, pp. 1–10, Mar. 2023, doi: 10.5121/ijaia.2023.14201.
- [43] G. Agorku *et al.*, “Real-Time Helmet Violation Detection Using YOLOv5 and Ensemble Learning,” *arXiv e-prints*, Apr. 2023, doi: 10.48550/arXiv.2304.09246.