

**SKRIPSI**  
**DETEKSI JALAN DAN OBJEK BERBASIS KAMERA**  
**DAN *DEEP LEARNING* SECARA REALTIME**  
**SEBAGAI *INPUT STEERING ANGLE* PADA**  
***AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE***



Oleh :  
**M AL FURQON SYAIDIN FIKRI**  
**03041182025016**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2024**

**SKRIPSI**  
**DETEKSI JALAN DAN OBJEK BERBASIS KAMERA**  
**DAN *DEEP LEARNING* SECARA REALTIME**  
**SEBAGAI *INPUT STEERING ANGLE* PADA**  
***AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE***



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada**  
**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**  
**M AL FURQON SYAIDIN FIKRI**  
**03041182025016**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI JALAN DAN OBJEK BERBASIS KAMERA DAN  
*DEEP LEARNING* SECARA *REALTIME* SEBAGAI *INPUT*  
*STEERING ANGLE* PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE*



### SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Oleh

**M AL FURQON SYAIDIN FIKRI**  
NIM. 03041182025016

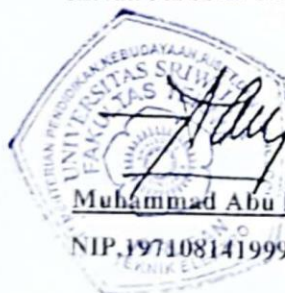
Palembang, 15 Juli 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU  
NIP. 197108141999031005

Ir. Rendvansyah, S.Kom., M.T.  
NIP. 198809222022031002

## HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencakupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Ir. Rendyansyah, S.Kom., M.T.

Tanggal : 15/Juli/2024

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M Al Furqon Syaidin Fikri  
NIM : 03041182025016  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 3 %

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Deteksi Jalan Dan Objek Berbasis Kamera Dan Deep Learning Secara Realtime Sebagai Input Steering Angle Pada Autonomous Electric Vehicle” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, Juli 2024



M Al Furqon Syaidin Fikri

NIM. 03041182025016

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M Al Furqon Syadin Fikri  
NIM : 03041182025016  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah Saya yang berjudul:

**DETEKSI JALAN DAN OBJEK BERBASIS KAMERA DAN  
DEEP LEARNING SECARA REALTIME SEBAGAI INPUT  
STEERING ANGLE PADA AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

**Dibuat di : Palembang**

**Pada tanggal : 15 Juli 2024**



**M Al Furqon Syadin Fikri**

**NIM. 03041182025016**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan petunjuk-Nya. Serta sholawat dan salam penulis hanturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Atas Berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Deteksi Jalan Dan Objek Berbasis Kamera Dan Deep Learning Secara Realtime Sebagai Input Steering Angle Pada Autonomous Electric Vehicle”.

Penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa dukungan, bimbingan, serta kritik dan saran dari semua pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang berperan serta berkontribusi dalam penyelesaian skripsi ini. Dengan rasa hormat dan rendah hati, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga saya yang sudah memberikan doa dan semangat serta dukungan mental dan fisik/materil sehingga saya bisa berjuang menyelesaikan skripsi dan studi saya di universitas sriwijaya.
2. Pak Ir.Rendyansyah, S.Kom., M.T.selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak berkontribusi baik waktu, tenaga serta pikiran dalam membimbing, memberi arahan serta mendukung dalam penelitian ini.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM. selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta pengembang ide.
4. Ibu IR. HJ. DWIRINA YUNIARTI, M.T. selaku Dosen pembimbing akademik penulis.
5. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng, Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T, Bapak Irmawan, S.Si., M.T., dan Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T. yang telah memberikan kritik dan saran yang dalam penelitian yang dilakukan agar menjadi lebih baik.
6. Teman teman satu tim Autonomous electric vehicle, Firly Rafliansyah, Gatot Aria, Irvin Fadhillah dan Jordy Dwi yang telah berkontribusi baik

waktu, pikiran dan tenaga dalam menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini.

7. Teman teman Angkatan 2020 terutama konsentrasi Teknik kendali dan komputer serta teman teman dari Klub Robotika UNSRI yang telah memberikan semangat serta dukungan dalam mendukung menyelesaikan penelitian ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan doa tulus Ikhlas dan memberikan motivasi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini

Dalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penulis, oleh karena itu penulis berharap segala kritik dan saran yang membangun dapat menjadi evaluasi untuk menyempurnakan skripsi ini sebagai penelitian yang lebih baik bagus penulis dan pembaca dimasa yang akan datang.

Palembang, Juli 2024

M Al Furqon Syaidin Fikri  
NIM.03041182025016



## **ABSTRAK**

# **DETEKSI JALAN DAN OBJEK BERBASIS KAMERA DAN DEEP LEARNING SECARA REALTIME SEBAGAI INPUT STEERING ANGLE PADA AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE**

(M Al Furqon Syaidin Fikri, 03041182025016, 2024, halaman)

---

*Autonomous electric vehicle* adalah sebuah kendaraan yang secara otomatis dapat mengatur arah kendaraan berjalan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan sensor seperti kamera sebagai input steering angle pada autonomous electric vehicle. Input steering angle diperoleh dari hasil pendeteksian jalan dan objek pada sekitar autonomous electric vehicle. Pada penelitian ini, dataset yang digunakan terdiri menjadi 7 kelas antara lain, jalan, mobil, motor, orang, roadblock, simpang 3 dan simpang 4 yang diambil di kampus indralaya universitas sriwijaya. Penelitian ini menggunakan algoritma deep learning yaitu YOLOv8 Segmentation dengan model YOLOv8x-seg yang dilatih menggunakan 2 optimizer berbeda yaitu ADAM dan SGD sebanyak 50 dan 100 epoch pada masing-masing optimizer. Model terbaik diperoleh pada 100 epoch menggunakan optimizer SGD dengan mAP mask sebesar 92%. Kemudian dilakukan pengujian secara simulasi, dimana sistem yang dirancang berhasil melakukan pendeteksian jalan, objek dan simpang jalan dengan baik. Sistem yang telah dirancang dijalankan secara realtime untuk mendeteksi jalan, objek serta simpang pada sekitar autonomous electric vehicle sebagai input steering angle berhasil dilakukan, dimana sistem mendeteksi jalan serta simpang jalan dengan akurasi sebesar 87,5%. Sistem yang dirancang mampu mengukur jarak objek pada autonomous electric vehicle dengan error rata-rata sebesar 0,505 meter. Hasil pengukuran jarak digunakan sebagai input steering angle untuk menghindari objek yang berada pada sekitar autonomous electric vehicle.

***Kata Kunci : Autonomous Electric Vehicle, Deep Learning, Deteksi, Segmentasi, Steering Angle, YOLO***

## **ABSTRACT**

### ***DETEKSI JALAN DAN OBJEK BERBASIS KAMERA DAN DEEP LEARNING SECARA REALTIME SEBAGAI INPUT STEERING ANGLE PADA AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE***

(M Al Furqon Syaidin Fikri, 03041182025016, 2024, *Pages*)

---

Autonomous electric vehicle is a vehicle that can automatically adjust the direction of the vehicle. This ability is achieved by using sensors such as cameras for steering angle input to the autonomous electric vehicle. The steering angle input is obtained from the detection of roads, objects and road intersections around the autonomous electric vehicle. In this study, the dataset used consists of 7 classes including roads, cars, motorbikes, people, roadblocks, intersection 3 and intersection 4 which are taken at the indralaya campus of sriwijaya university. This research uses a deep learning algorithm namely YOLOv8 Segmentation with the YOLOv8x-seg model which is trained using 2 different optimizers which are ADAM and SGD for 50 and 100 epochs on each optimizer. The best model is obtained at 100 epochs using the SGD optimizer with a mAP mask of 92%. Then simulation testing was performed, where the designed system succeeded in detecting roads, objects and road intersections properly. The system that has been designed to run in realtime to detect roads, objects and intersections around the autonomous electric vehicle as input steering angle is successfully performed, where the system is able to detect roads and road intersections properly so that the autonomous electric vehicle is able to run properly on the path traveled with 87% accuracy. The designed system is able to detect and measure the distance of objects on the autonomous electric vehicle with an average error of 0.505 meters. The distance measurement results are used to input the steering angle to avoid objects that are around the autonomous electric vehicle.

***Kata Kunci : Autonomous Electric Vehicle. Deep Learning, Detection, Segmentation, Steering Angle, YOLO***

## DAFTAR ISI

|  |                              |
|--|------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....  | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PERNYATAAN DOSEN .....   | iv                           |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....   | v                            |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK<br>KEPENTINGAN AKADEMIS ..... | vi                           |
| KATA PENGANTAR.....  | vii                          |
| ABSTRAK.....   | ix                           |
| ABSTRACT .....   | x                            |
| DAFTAR ISI.....  | xi                           |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xiii                         |
| DAFTAR TABEL .....   | xvi                          |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>  | <b>1</b>                     |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1                            |
| 1.2. Perumusan Masalah .....   | 3                            |
| 1.3. Tujuan .....  | 3                            |
| 1.4. Batasan Masalah.....  | 3                            |
| 1.5. Keaslian Penelitian.....  | 3                            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>  | <b>6</b>                     |
| 2.1 <i>State of the Art</i> .....  | 6                            |
| 2.2 Pengolahan Citra .....   | 14                           |
| 2.3 Deteksi Objek.....   | 15                           |
| 2.4 Segmentasi Gambar.....   | 15                           |
| 2.5 You Only Look Once (YOLO) .....  | 17                           |
| 2.5.1 Arsitektur YOLOv8 .....  | 17                           |
| 2.5.2 Convolutional Layer .....  | 19                           |
| 2.5.3 Pooling Layer.....   | 20                           |
| 2.5.4 Intersection Over Union (IoU).....   | 21                           |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>   | <b>22</b>                    |
| 3.1. Studi Literatur .....   | 23                           |
| 3.2. Pengumpulan <i>Dataset</i> .....  | 23                           |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 3.3.                                     | Perancangan Sistem.....                                     | 24        |
| 3.3.1.                                   | Perancangan Software Deteksi Jalan dan Objek.....           | 24        |
| 3.3.2.                                   | Perancangan Hardware Autonomous Electric Vehicle.....       | 26        |
| 3.4                                      | Pengujian Sistem.....                                       | 27        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |   | <b>30</b> |
| 4.1.                                     | <i>Autonomous Electric Vehicle</i> .....                    | 30        |
| 4.2.                                     | Pengumpulan Data Training.....                              | 31        |
| 4.3.                                     | Pelabelan Data Training .....                               | 32        |
| 4.4.                                     | Pra-Pemrosesan Data.....                                    | 33        |
| 4.5.                                     | Model YOLO .....  | 34        |
| 4.6.                                     | Training YOLO .....   | 36        |
| 4.7.                                     | Pengujian secara Simulasi .....                             | 39        |
| 4.7.1.                                   | Pendeteksian Jalan .....                                    | 40        |
| 4.7.2.                                   | Pendeteksian Objek.....                                     | 41        |
| 4.7.3.                                   | Pendeteksian Simpang Jalan .....                            | 42        |
| 4.8.                                     | Ekstraksi Region of Interest (ROI).....                     | 43        |
| 4.8.1.                                   | Perhitungan Posisi Kendaraan pada Jalan .....               | 47        |
| 4.8.2.                                   | Pengukuran Jarak objek dengan menggunakan Focal Length..... | 49        |
| 4.8.3.                                   | Perhitungan Sudut Simpang.....                              | 50        |
| 4.8.4.                                   | Pengujian Keseluruhan Sistem secara Simulasi .....          | 52        |
| 4.9.                                     | Pengujian secara Realtime.....                              | 55        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  |   | <b>70</b> |
| 5.1.                                     | Kesimpulan.....   | 70        |
| 5.2.                                     | Saran.....  | 70        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              |   | <b>72</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                    |   | <b>76</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |      |
|--|------|
| Gambar 2.1 a. gambar masukan b. gambar masukan dengan <i>Gaussian Mixture Model</i> [4] .....  | 6    |
| Gambar 2.2 Perhitungan sudut dengan membandingkan selisih sudut ujung jalan dengan bagian tengah kamera. ....  | 7    |
| Gambar 2.3 a) Gambar masukan b) <i>Grayscale</i> gambar c) <i>Edge detection</i> menggunakan <i>canny edge</i> d) <i>vanishing point</i> didapat dari <i>Hough lines</i> [10] .....  | 7    |
| Gambar 2.4 a) Deteksi daerah <i>Region of Interest</i> pada bagian atas dan <i>Canny edge detection</i> pada gambar bawah b) Hasil proses <i>Region of Interest</i> dan <i>canny edge detection</i> setelah gambar di potong c) Hasil yang didapatkan setelah proses <i>Region of Interest</i> [10]..... | 8    |
| Gambar 2.5 a) Kendaraan pada bagian Tengah jalan b) Kendaraan bergerak dari kiri ke Tengah jalan c) Kendaraan dari kanan ke Tengah jalan d) Kendaraan berbelok ke kiri [18] .....  | 9    |
| Gambar 2.6 (a) belokan (b) persimpangan [8] .....  | 11   |
| Gambar 2.7 Hasil pendeteksian (a) YOLOv4 (b) <i>Proposed Work</i> (c) <i>Proposed work</i> [24].....   | 12   |
| Gambar 2.8 Segmentasi objek dengan Mask R-CNN[17] .....  | 14   |
| Gambar 2.9 Deteksi Objek [26] .....  | 15   |
| Gambar 2.10 Segmentasi   | [26] |
| .....  | 15   |
| Gambar 2.11 Penerapan Sematic, Instance dan Panoptic Segmentation [27].  | 16   |
| .....  | 16   |
| Gambar 2.12 Arsitektur Konvensional YOLO   | [26] |
| .....  | 17   |
| Gambar 2.13 Struktur dari YOLOv8   | [28] |
| .....  | 18   |
| Gambar 2.14 Penerapan <i>non-maximum suppression</i> pada output image.  | 19   |
| .....  | 19   |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.15 | Ilustrasi Proses pada <i>Convolutional Layer</i>  | 19 |
| Gambar 2.16 | Pooling Layer   | 20 |
| Gambar 2.17 | Nilai IoU (a) buruk (b) baik (c) sangat baik [28]   | 21 |
| Gambar 3.1  | Flowchart penelitian  | 22 |
| Gambar 3.2  | Contoh Dataset yang digunakan   | 23 |
| Gambar 3.3  | Flowchart Sistem  | 26 |
| Gambar 3.4  | Sketsa posisi Posisi <i>webcam</i> pada   | 26 |
| Gambar 3.5  | <i>Webcam</i> Logitech C930e  | 27 |
| Gambar 3.6  | Rute Pengujian  | 29 |
| Gambar 4.1  | Desain Mobil (a) Tampak belakang mobil (b) Tampak depan mobil (c) tampak samping mobil (d) Posisi kamera pada mobil   | 30 |
| Gambar 4.2  | Contoh citra data latih (a) citra dengan data simpang, (b) citra dengan data orang dan motor pada jalan (c) citra dengan data mobil pada jalan (d) citra dengan data jalan. | 31 |
| Gambar 4.3  | Pelabelan data training pada website <i>roboflow</i>  | 32 |
| Gambar 4.4  | Output hasil pelabelan dari dataset   | 33 |
| Gambar 4.5  | Proporsi dataset  | 33 |
| Gambar 4.6  | Praproses dan augmentasi dataset  | 34 |
| Gambar 4.7  | (a) Gambar Original (b) YOLOv8n-seg (c) YOLOv8s-seg (d) YOLOv8m-seg (e) YOLOv8l-seg (f) YOLOv8x-seg   | 36 |
| Gambar 4.8  | Paremeter Model YOLOv8x-seg   | 37 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Gambar 4.9 Metrics hasil (a) Training Segloss (b) Validasi segloss (c) Training Boxloss (d) Validasi Boxloss (e) akurasi mask/segmentasi (f) akurasi box .....</b> | <b>38</b> |
| <b>Gambar 4.10 Hasil pengujian secara simulasi menggunakan YOLOv8 .....</b>   | <b>40</b> |
| <b>Gambar 4.11 Hasil pendeteksian kelas jalan .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Gambar 4.12 Hasil pendeteksian objek (a) kelas roadblock (b) kelas orang dan mobil (c) kelas orang dan motor.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>Gambar 4.13 Hasil pendeteksian simpang (a) Kelas simpang 4 (b) Kelas simpang 3 .....</b>   | <b>42</b> |
| <b>Gambar 4.14 Ekstraksi ROI dari Jalan .....</b>   | <b>46</b> |
| <b>Gambar 4.15 Penerapan pembagian jalan sebagai posisi terhadap kendaraan .....</b>  | <b>48</b> |
| <b>Gambar 4.16 Proses pengambilan gambar checkbox dengan posisi berbeda .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>Gambar 4.17 Pembuatan garis berdasarkan sudut persimpangan .....</b>   | <b>51</b> |
| <b>Gambar 4.18 Hasil Pendeteksian Simpang 4 dan Perhitungan Sudut Simpang .....</b>   | <b>52</b> |

## DAFTAR TABEL

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| <b>Tabel 2.1.</b> | <b>Perbandingan Presisi pada <i>low traffic flow</i> [23].....</b>         | <b>10</b> |
| <b>Tabel 2.2.</b> | <b>Perbandingan Presisi pada <i>high traffic flow</i> [23].....</b>        | <b>10</b> |
| <b>Tabel 2.3.</b> | <b>Evaluasi pada KITTI [24] .....</b>                                      | <b>12</b> |
| <b>Tabel 3.1.</b> | <b>Spesifikasi Laptop.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>Tabel 3.2.</b> | <b>Confusion metric.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>Tabel 4.1.</b> | <b>Tabel Parameter Model dan mAP YOLO.....</b>                             | <b>35</b> |
| <b>Tabel 4.2.</b> | <b>Parameter pada proses training YOLOv8x-seg.....</b>                     | <b>37</b> |
| <b>Tabel 4.3.</b> | <b>Perbandingan hasil pendeteksian dan Segmentasi YOLO dengan SAM.....</b> | <b>43</b> |
| <b>Tabel 4.4.</b> | <b>Nilai Focal Length Setelah Melakukan Kalibrasi.....</b>                 | <b>50</b> |
| <b>Tabel 4.5.</b> | <b>Hasil Pendeteksian Secara Simulasi.....</b>                             | <b>52</b> |
| <b>Tabel 4.6.</b> | <b>Hasil Pengujian Secara Realtime .....</b>                               | <b>55</b> |
| <b>Tabel 4.7.</b> | <b>Hasil Pengujian Pendeteksian Objek dan Replanning.....</b>              | <b>62</b> |
| <b>Tabel 4.8.</b> | <b>Hasil Pengukuran Jarak .....</b>  | <b>65</b> |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Autonomous electric vehicle* adalah sebuah kendaraan yang secara otomatis dapat mengatur arah kendaraan berjalan. Di masa depan, *autonomous electric vehicle* diharapkan dapat meningkatkan bahkan merevolusi kendaraan darat yang dapat memberikan dampak positif pada keselamatan dalam berkendara [1], [2]. *Autonomous electric vehicle* harus dilengkapi dengan sensor-sensor, seperti kamera, GPS, lidar dan sensor lainnya. Sehingga dapat berjalan secara otomatis (*self-driving*) [3].

*Autonomous electric vehicle* harus dapat bergerak pada jalur lintasan jalan yang dapat dilalui. Hal ini sangat diperlukan untuk keselamatan pengemudi sehingga, perhitungan sudut jalan dan posisi kendaraan pada jalan menjadi sangat penting bagi *autonomous electric vehicle* [4].

Untuk dapat beroperasi secara otomatis *autonomous electric vehicle* harus mampu mengenal kondisi lingkungan [5], [6]. Sehingga, kamera memiliki peran sebagai sensor yang sangat penting terutama pada proses mendeteksi objek, seperti jalan, orang, mobil, maupun simpang jalan yang berada pada sekitar kendaraan [7]. Banyak penelitian terdahulu yang telah membahas mengenai pendeteksian jalan dan persimpangan jalan pada *autonomous electric vehicle* dengan menerapkan berbagai metode diantaranya yaitu *hue, saturation, value (HSV)* [8], *Convolutional Neural Network (CNN)* [9] - [13], *Faster R-CNN* [14] - [16] dan *Mask R-CNN* [17].

Informasi yang telah diperoleh kamera dapat digunakan untuk memprediksi arah kemudi pada kendaraan dengan mengetahui sudut jalan. Prediksi arah kemudi pada *autonomous electric vehicle* terbagi menjadi dua cara, yaitu berbasis *imitation-learning* dan *computer vision*. Prediksi arah kemudi menggunakan cara berbasis *computer vision* menggunakan metode ekstraksi bentuk jalan untuk mendapatkan koordinat batas jalan atau marka lajur, yang merupakan dasar perhitungan sudut kemudi. Data yang diperoleh berasal dari kamera yang terpasang pada mobil kemudian, data yang diperoleh akan dilakukan proses *preprocessing* [18].

Ada berbagai metode yang telah diterapkan untuk memprediksi arah kemudi berbasis computer vision. Ranjith Rochan M Pada penelitiannya menghitung arah kemudi dengan menggunakan *Gaussian Mixture Model (GMM)* dan *Canny Edge Detection* [4]. Sedangkan, Tiago Almeida mendeteksi jalan menggunakan *deep learning* [7]. Lalu, Hajira Saleem melakukan perhitungan sudut kemudi dengan metode *computer-vision* [18]. Pada Penelitian lain, Davy Neven mendeteksi garis jalan menggunakan *instance segmentation* sebagai acuan sudut stir [6]. Sedangkan metode berbasis *imitation-learning*, menggunakan hasil demonstrasi kemudi oleh manusia. Tujuannya adalah untuk menggunakan data yang diperoleh sebagai pelatihan model *artificial neural network* dengan cara mengumpulkan urutan gambar dan sudut kemudi yang didapatkan selama mengemudikan kendaraan [18]. Pada penelitian lainnya, Shuyang Du menggunakan *convolutional long short term memory (Conv-LSTM)* [19]. Lalu, pada penelitian lain digunakan *neural network* [20], *deep learning* [21], dan CNN [22].

Kedua metode diatas dapat diterapkan pada *autonomous electric vehicle*, namun metode pada penelitian-penelitian tersebut hanya berfokus pada pendeteksian jalan. Padahal, *autonomous electric vehicle* harus dapat mengenali jalan, persimpangan bahkan objek pada waktu bersamaan untuk memprediksi sudut kemudi berdasarkan sudut jalan secara *realtime*. Hal ini diperlukan agar *autonomous electric vehicle* dapat menghindari objek penghalang yang ada pada sekitar kendaraan dan mempertahankan kendaraan agar tetap pada jalur yang dilalui. Sehingga, pada penelitian ini dikembangkan pendeteksian objek dengan menggunakan pendekatan computer vision. Pada penelitian ini, kamera digunakan sebagai sensor untuk menangkap dan mendeteksi objek berupa jalan, simpang dan *obstacle* yang berada di jalan.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini, pendeteksian objek dan jalan dilakukan secara bersamaan menggunakan algoritma *you only look once (YOLO)*. Proses pendeteksian dan pengenalan objek dan jalan dilakukan secara *real-time* agar *autonomous electric vehicle* mampu mempertahankan kendaraan pada jalur dan menghindari objek yang berada pada sekitar kendaraan, serta mengukur jarak dari kendaraan dan objek.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Pengenalan jalan dan pendeteksian objek oleh *autonomous electric vehicle* harus mampu berjalan secara bersamaan agar dapat menghasilkan informasi yang dibutuhkan *autonomous electric vehicle* untuk mengendalikan arah kemudi berdasarkan sudut dan posisi kendaraan pada jalan yang akan dilalui. Namun, penggabungan kedua tugas tersebut pada saat ini belum dilakukan secara *real-time*. Sehingga, pada penelitian ini akan menggunakan metode *computer vision* berbasis dengan algoritma YOLO sebagai input pengendali kemudi pada *autonomous electric vehicle*.

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi jalan, simpang jalan, dan objek pada *autonomous electric vehicle* dengan menggunakan algoritma YOLO secara bersamaan dan *real-time*. Hasil pendeteksian yang didapat akan digunakan sebagai inputan sistem kendali kemudi pada *autonomous electric vehicle*. Selain itu, pada penelitian ini, performa dari YOLO juga akan diuji dengan optimizer yang berbeda.

## **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Objek yang dideteksi berupa jalan, simpang jalan, mobil, motor, manusia, dan road blocks yang terdapat pada jalan kampus Universitas Sriwijaya Indralaya.
2. Pengambilan citra dan pengujian objek menggunakan webcam yang diletakkan pada *autonomous electric vehicle*.
3. Algoritma YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi objek menggunakan platform python.
4. Output dari algoritma YOLOv8 dikirimkan ke mikrokontroler menggunakan framework ROS sebagai inputan sistem kemudi.

## **1.5. Keaslian Penelitian**

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mendeteksi jalan. Pada penelitian yang dilaksanakan oleh Ranjith Rochan M, jalan dideteksi menggunakan metode *Gaussian Mixture Model (GMM)* dan *Canny Edge Detection*. Pada penelitian ini metode yang digunakan dapat mendeteksi jalan. Penelitian ini

dilakukan menggunakan *GAZEBO* dan dataset yang didapatkan dari *Udacity* [4]. Metode yang digunakan pada penelitian ini memiliki kelebihan yaitu melakukan pemrosesan gambar dengan lebih ringan sehingga tidak memerlukan perangkat dengan spesifikasi yang tinggi. Pada penelitian ini dapat mengatasi situasi dimana tidak ada batas jalan yang terlihat atau hanya satu batas jalan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh A.A. Mahersatillah, jalan dideteksi menggunakan metode *Hue, Saturation, Value* (HSV). Pada penelitian ini jalan yang dideteksi merupakan jalan yang tidak berstruktur dan jalan yang berstruktur. Penelitian ini memanfaatkan dengan mengubah dataset berupa foto menjadi warna HSV agar dapat melakukan *semantic segmentation* dan *image processing*. Pada metode ini dapat mendeteksi jalan berstruktur serta tidak berstruktur dengan akurasi 99,49% dan recall sebesar 98,84% [8]. Namun, pada penelitian ini hanya berfokus pada pendeteksian jalan.

Vedat Tümen melakukan penelitian yang bertujuan mendeteksi simpang jalan menggunakan *deep learning*. Pada penelitian ini menggunakan algoritma CNN dengan berbagai model seperti *VggNet-5*, *LeNet*, *AlexNet*, dan *RoIC-CNN*. Pada penelitian ini mendapatkan akurasi sebesar 100% ketika mendeteksi simpang jalan, 94,73% pada garis penyebrangan, 81% pada belok kanan dan 95% pada belok kiri. Namun pada penelitian ini hanya berfokus pada pendeteksian dan belum dilakukan secara *real-time* [10].

Pada penelitian yang dilakukan Hajira Saleem melakukan prediksi sudut kemudi pada jalan. Pada penelitian ini prediksi sudut kemudi berbasis *computer vision* dan *imitation-learning* menggunakan algoritma ANN. Pada penelitian berbasis *computer vision* melalui proses pendeteksian jalan dengan berbagai metode seperti HSV, Canny Edge detection, dan Line Detection. Pada penelitian berbasis *imitation-learning*, sudut steer diprediksi oleh ANN model berdasarkan pixel yang didapatkan dari gambar sebagai input [18].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lu Xiong melakukan pendeteksian simpang jalan menggunakan dataset dari RobotCar dan dataset simpang jalan pada kampus dengan berbagai kondisi augmentasi seperti hujan ringan, hujan deras,

sedikit berkabut dan berkabut. Pada penelitian ini pendeteksian simpang menggunakan CNN dengan akurasi di atas 90% [23].

Selain mendeteksi jalan, *autonomous electric vehicle* harus dapat mendeteksi objek disekeliling kendaraan agar dapat menghindari objek dan kembali kejalur yang dilalui. Metode yang digunakan untuk mendeteksi objek seperti orang, mobil, motor dan roadblock pada *autonomous electric vehicle* dapat menggunakan *machine learning* atau *deep learning*. Pada penelitian yang dilakukan Rui Wang melakukan pendeteksian objek pada jalan untuk *autonomous vehicle* seperti kendaraan, orang, lampu lalu lintas, dan objek lain pada sekitar kendaraan menggunakan YOLOv4. Pada penelitian ini mendapatkan fps sebesar 52,14 FPS dengan input size 512x512 pixel. Dengan Car AP70 sebesar 90,50% Pedestrian AP50 sebesar 80,10%, Cyclist AP50 sebesar 88,70% dan mAP sebesar 86,43% [24].

Pada penelitian lainnya yang dilakukan Gamze Akyol melakukan pendeteksian objek menggunakan Tiny YOLOv3. Objek yang dideteksi seperti orang, mobil, truk, bus, motor, dan sepeda yang direkam pada cuaca dan penerangan yang berbeda. Pada penelitian ini mendapatkan FPS sebesar 156 FPS, Original mAP sebesar 30,77 pada data test [25].

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Fayyad, M. A. Jaradat, D. Gruyer, and H. Najjaran, "Deep learning sensor fusion for autonomous vehicle perception and localization: A review," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 15, pp. 1–34, 2020, doi: 10.3390/s20154220.
- [2] M. I. Pavel, S. Y. Tan, and A. Abdullah, "Vision-Based Autonomous Vehicle Systems Based on Deep Learning: A Systematic Literature Review," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 14, 2022, doi: 10.3390/app12146831.
- [3] X. Du, M. H. Ang, and D. Rus, "Car detection for autonomous vehicle: LIDAR and vision fusion approach through deep learning framework," *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 2017-Septe, pp. 749–754, 2017, doi: 10.1109/IROS.2017.8202234.
- [4] M. Ranjith Rochan, K. Aarthi Alagammai, and J. Sujatha, "Computer vision based novel steering angle calculation for autonomous vehicles," *Proceedings - 2nd IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC 2018*, vol. 2018-Janua, pp. 143–146, 2018, doi: 10.1109/IRC.2018.00029.
- [5] M. Gluhakovic, M. Herceg, M. Popovic, and J. Kovacevic, "Vehicle Detection in the Autonomous Vehicle Environment for Potential Collision Warning," *2020 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference, ZINC 2020*, pp. 178–183, 2020, doi: 10.1109/ZINC50678.2020.9161791.
- [6] D. Neven, B. De Brabandere, S. Georgoulis, M. Proesmans, and L. Van Gool, "Towards End-to-End Lane Detection: An Instance Segmentation Approach," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings*, vol. 2018-June, no. Iv, pp. 286–291, 2018, doi: 10.1109/IVS.2018.8500547.
- [7] T. Almeida, B. Lourenço, and V. Santos, "Road detection based on simultaneous deep learning approaches," *Rob Auton Syst*, vol. 133, p. 103605, 2020, doi: 10.1016/j.robot.2020.103605.
- [8] A. A. Mahersatillah, Z. Zainuddin, and Y. Yusran, "Unstructured Road Detection and Steering Assist Based on HSV Color Space Segmentation for

- Autonomous Car,” *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2020*, pp. 688–693, 2020, doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315452.
- [9] T. Rateke and A. von Wangenheim, “Road surface detection and differentiation considering surface damages,” *Auton Robots*, vol. 45, no. 2, pp. 299–312, 2021, doi: 10.1007/s10514-020-09964-3.
- [10] V. Tümen and B. Ergen, “Intersections and crosswalk detection using deep learning and image processing techniques,” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 543, 2020, doi: 10.1016/j.physa.2019.123510.
- [11] H. Gao, B. Cheng, J. Wang, K. Li, J. Zhao, and D. Li, “Object Classification Using CNN-Based Fusion of Vision and LIDAR in Autonomous Vehicle Environment,” *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 14, no. 9, pp. 4224–4230, 2018, doi: 10.1109/TII.2018.2822828.
- [12] Z. Zhu, Z. Hu, W. Dai, H. Chen, and Z. Lv, “Deep learning for autonomous vehicle and pedestrian interaction safety,” *Saf Sci*, vol. 145, no. June 2021, p. 105479, 2022, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105479.
- [13] R. Kavitha and S. Nivetha, “Pothole and object detection for an autonomous vehicle using YOLO,” *Proceedings - 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2021*, no. Iccics, pp. 1585–1589, 2021, doi: 10.1109/ICICCS51141.2021.9432186.
- [14] M. C. Olgun, Z. Baytar, K. M. Akpolat, and O. Koray Sahingoz, “Autonomous vehicle control for lane and vehicle tracking by using deep learning via vision,” *2018 6th International Conference on Control Engineering and Information Technology, CEIT 2018*, no. October, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1109/CEIT.2018.8751764.
- [15] R. Bin Issa *et al.*, “Double deep Q-learning and faster R-CNN-based autonomous vehicle navigation and obstacle avoidance in dynamic environment,” *Sensors*, vol. 21, no. 4, pp. 1–24, 2021, doi: 10.3390/s21041468.
- [16] A. Datta, T. I. Meghla, T. Khatun, M. H. Bhuiya, S. R. Shuvo, and M. M. Rahman, “Road Object Detection in Bangladesh using Faster R-CNN: A

- Deep Learning Approach,” in *Proceedings of 2020 IEEE International Women in Engineering (WIE) Conference on Electrical and Computer Engineering, WIECON-ECE 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 348–351. doi: 10.1109/WIECON-ECE52138.2020.9397954.
- [17] A. Ojha, S. P. Sahu, and D. K. Dewangan, “Vehicle detection through instance segmentation using mask R-CNN for intelligent vehicle system,” in *Proceedings - 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., May 2021, pp. 954–959. doi: 10.1109/ICICCS51141.2021.9432374.
- [18] H. Saleem, F. Riaz, L. Mostarda, M. A. Niazi, A. Rafiq, and S. Saeed, “Steering Angle Prediction Techniques for Autonomous Ground Vehicles: A Review,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 78567–78585, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3083890.
- [19] S. Du, H. Guo, and A. Simpson, “Self-Driving Car Steering Angle Prediction Based on Image Recognition,” 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1912.05440>
- [20] T. V. Samak, C. V. Samak, and S. Kandhasamy, “Robust Behavioral Cloning for Autonomous Vehicles Using End-to-End Imitation Learning,” *SAE International Journal of Connected and Automated Vehicles*, vol. 4, no. 3, pp. 1–17, 2021, doi: 10.4271/12-04-03-0023.
- [21] H. Haavaldsen, M. Aasbø, and F. Lindseth, “Autonomous vehicle control: end-to-end learning in simulated urban environments,” *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1056 CCIS, pp. 40–51, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-35664-4\_4.
- [22] J. Chen, B. Yuan, and M. Tomizuka, “Deep Imitation Learning for Autonomous Driving in Generic Urban Scenarios with Enhanced Safety,” *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2884–2890, 2019, doi: 10.1109/IROS40897.2019.8968225.



- [23] L. Xiong *et al.*, “Traffic intersection re-identification using monocular camera sensors,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 22, pp. 1–19, 2020, doi: 10.3390/s20226515.
- [24] R. Wang *et al.*, “A Real-Time Object Detector for Autonomous Vehicles Based on YOLOv4,” *Comput Intell Neurosci*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/9218137.
- [25] G. Akyol, A. Kantarcı, A. E. Çelik, and A. C. Ak, “Otonom Araçlar için Derin Öğrenme Tabanlı , Gerçek Zamanlı Nesne Tespiti Deep Learning Based , Real-Time Object Detection for Autonomous Driving,” pp. 4–7, 2020.
- [26] 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.
- [27] O. Elharrouss, S. Al-Maadeed, N. Subramanian, N. Ottakath, N. Almaadeed, and Y. Himeur, “Panoptic Segmentation: A Review,” 2021. [Online]. Available: <https://github.com/elharroussomar/Awesome-Panoptic-Segmentation>
- [28] J. Terven and D. Cordova-Esparza, “A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 and Beyond,” Apr. 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2304.00501>
- [29] J. Du, “Understanding of Object Detection Based on CNN Family and YOLO,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Apr. 2018. doi: 10.1088/1742-6596/1004/1/012029.
- [30] A. Kirillov *et al.*, “Segment Anything.” [Online]. Available: <https://segment-anything.com>.