

SKRIPSI
IDENTIFIKASI OBJEK SEKITAR BERBASIS ALGORITMA YOLO
SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE*



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

Oleh :

IRVINE VALIANT FANTHONY

03041281722032

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN
IDENTIFIKASI OBJEK SEKITAR BERBASIS ALGORITMA YOLO
SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE*



SKRIPSI

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

Oleh :

IRVINE VALIANT FANTHONY

03041281722032

Palembang, 27 Juli 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Ir. Zaenal Husin, M.Sc
NIP : 19560214198503100

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irvine Valiant Fanthony

NIM : 03041281722032

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 15 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul ” Identifikasi Objek Sekitar Berbasis Algoritma YOLO Sebagai Input Sistem Kendali Kemudi 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.


Palembang, 27 Juli 2021



Irvine Valiant Fanthony

NIM. 03041281722032

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Ir. Zaenal Husin, M.Sc

Tanggal : 27 / Juli / 2021

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

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

Nama : Irvine Valiant Fanthony

NIM : 03041281722032

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**IDENTIFIKASI OBJEK SEKITAR BERBASIS ALGORITMA YOLO
SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
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 tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal : 27 Juli 2021

Yang menyatakan,



Irvine Valiant Fanthony
NIM. 03041281722032

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa. Atas Berkat dan Kasih dari Tuhan, keluarga dan para sahabat, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan skripsi ” Identifikasi Objek Sekitar Berbasis Algoritma YOLO Sebagai Input Sistem Kendali Kemudi pada *Autonomous Electric Vehicle*”.

Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc . selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta pengembang ide.
4. Dosen pembimbing akademik, bapak Djulil Amri ST.,MT. yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua, saudara, keluarga yang selalu memberikan semangat dan memberi dukungan baik secara mental, fisik, maupun finansial.
7. Saudara Markus Hermawan, Muhammad Fauzan dan Zaid Haritsyah selaku rekan kerja yang selalu bersemangat dalam pembuatan tugas akhir ini.

8. Albert Mario, Muhammad Yusup, Jordy Setiawan, dan teman-teman satu angkatan konsentrasi Teknik kendali dan Komputer yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini khususnya.
9. Dan pihak-pihak yang sangat membantu di dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.
10. Teman – teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu, menyemangati dan mengisi hari-hari menjadi sangat menyenangkan.

Di dalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penyusun, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi dan berguna untuk penyusun dimasa yang akan datang.

Palembang, 27 Juli 2021



Irvine Valiant Fanthony

NIM. 03041281722032

ABSTRAK
IDENTIFIKASI OBJEK SEKITAR BERBASIS ALGORITMA YOLO
SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE*

(Irvine Valiant Fanthony, 03041281722032, 2021, 53 halaman)

Seiring berkembangnya teknologi kendaraan pintar terbentuklah sebuah *autonomous electric vehicle*. Kendaraan tersebut harus dilengkapi berbagai sensor salah satunya kamera, yang bertugas memberikan inputan visual yang digunakan untuk mendeteksi objek di sekitar *autonomous electric vehicle*. Metode yang ada saat ini belum dapat diimplementasikan secara *realtime* sehingga, penelitian ini menggunakan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk mendeteksi objek secara *realtime* di sekitar *autonomous electric vehicle*. Objek yang akan dideteksi oleh *autonomous electric vehicle* pada penelitian ini dibatasi hanya manusia, motor dan mobil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLO yang paling cocok untuk sistem yang dibuat adalah model Tiny YOLOv4 yang dibangun dengan bantuan *framework darknet*. Keberhasilan sistem dalam percobaan simulasi didapatkan akurasi pendeteksian sebesar 80% serta mampu melakukan pengiriman informasi berupa data lokasi objek menuju mikrokontroler. Dari 10 kali pengujian mendapatkan nilai keberhasilan sebesar 100%. YOLO mampu mendeteksi objek dan memberikan masukan kepada sistem kendali kemudi. Sedangkan untuk mengukur jarak objek terhadap kendaraan secara *real-time* dilakukan dengan metode *depth information* didapatkan akurasi sebesar 60%. Dalam pengujian *realtime* akan menguji apakah *autonomous electric vehicle* dapat menghindari objek yang berada di depannya dengan inputan hasil deteksi objek model Tiny-YOLOv4. Hasil dari keberhasilan sistem dalam percobaan *realtime* adalah sebesar 100%.

Kata kunci : *Autonomous Electric Vehicle, YOLO, Deteksi Objek, Image Processing*



Mengetahui,
Kepala Jurusan Teknik Elektro


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

Palembang, 27 Juli 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama


Ir. Zaenal Husin, M.Sc
NIP : 19560214198503100

ABSTRACT
**YOLO ALGORITHM-BASED SURROUNDING OBJECT
IDENTIFICATION AS STEERING CONTROL INPUT SYSTEM ON
AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE**
(Irvine Valiant Fanthony, 03041281722032, 2021, 53 pages)

As smart vehicle technology develops, an autonomous electric vehicle is invented. The vehicle must be equipped with various sensors, one of which is a camera, which is working by providing visual input that is used to detect objects around the autonomous electric vehicle. Currently, there is no method that can be implemented in real time, so this research uses the YOLO (You Only Look Once) algorithm to detect objects in real time around the autonomous electric vehicle. The objects that will be detected by the autonomous electric vehicle in this research is limited to motorcycles and cars. The research results showed that the most compatible YOLO model for the system was the Tiny YOLOv4 model which was built with the help of the darknet framework. The result from the simulation experiment was the system is able to obtain a detection accuracy of 80% and capable to transmit information in a form of data location of the object to the microcontroller. From 10 times of testing, a success rate of 100% is obtained. YOLO was able to detect objects and provided input to the steering control system,. Meanwhile, to measure the distance of the object to the vehicle in real-time using the depth information method, an accuracy of 60% is obtained. Real-time testing will test whether the autonomous electric vehicle can avoid objects in front of it by inputting the detection results of the Tiny-YOLOv4 model object. The success rate of the system in real-time experiment is 100%.

Keywords: *Autonomous Electric Vehicle, YOLO, Object Detection, Image Processing*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Mohammad. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Palembang, 27 Juli 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Ir. Zaenal Husin, M.Sc
NIP : 19560214198503100

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR RUMUS	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Keaslian Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	9
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Studi Literatur.....	14
3.2 Perancangan Sistem.....	14
3.2.1 Perancangan <i>software</i>	16
3.2.2 Perancangan <i>hardware</i>	16
3.3 Pengambilan Data.....	20
3.4 Pelatihan Gambar	20
3.5 Pengujian Sistem	21

3.6 Analisa dan Kesimpulan	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Perancangan Alat	23
4.2 Pengumpulan Data Latih	24
4.3 Pengolahan Data Latih	25
4.4 Pelatihan YOLO	26
4.5 Training Model Tiny YOLOv3 dan Tiny YOLOv4	29
4.6 Pengukuran Jarak Objek dengan menggunakan <i>Depth Information</i>	36
4.7 Pengujian Simulasi Tiny YOLOv4 Training 400 <i>Epoch</i>	36
4.8 Perbandingan YOLO dan HSV dalam Mendeteksi Objek	42
4.9 Pengujian <i>Realtime</i> Tiny-YOLOv4 Training 400 <i>Epoch</i>	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Persamaan IOU	11
Rumus 3.1 Persamaan Akurasi <i>Confusion Metric</i>	21
Rumus 4.1 Persamaan Jarak <i>Depth Information</i>	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil deteksi metode KNN <i>Algorithm</i>	5
Gambar 2.2 Deteksi markah belok kanan metode <i>hought transform</i>	6
Gambar 2.3 Sistem pendeteksian MASK-RCNN	7
Gambar 2.4 Hasil deteksi metode LaneNet.....	7
Gambar 2.5 Deteksi bola menggunakan algoritma YOLO	8
Gambar 2.6 Arsitektur algoritma YOLO	9
Gambar 2.7 Ilustrasi arsitektur algoritma YOLO	10
Gambar 2.8 Nilai IoU (a) buruk, (b) baik, (c) sangat baik	11
Gambar 2.9 Hasil deteksi objek menggunakan YOLO	12
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian	13
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> perancangan sistem.....	15
Gambar 3.3 Rancangan posisi <i>hardware</i> yang akan digunakan	16
Gambar 3.4 Arduino Mega 2560	17
Gambar 3.5 Kamera Webcam.....	18
Gambar 3.6 <i>Rotary Encoder</i>	18
Gambar 3.7 Sensor jarak <i>Maxbotic</i>	19
Gambar 3.8 Driver Motor BTS7960	19
Gambar 3.9 Sensor kompas CMPS12	20
Gambar 4.1 <i>Autonomous Electric Vehicle</i> (a) tampak depan, (b) tampak samping (c) tampak sistem kendali setir	23
Gambar 4.2 Contoh Citra Data Latih	24
Gambar 4.3 Contoh Proses <i>labeling</i>	25
Gambar 4.4 Contoh output <i>.txt boundingbox</i>	26
Gambar 4.5 Grafik <i>Average Loss</i> Tiny-YOLOv3 dan Tiny-YOLOv4.....	31
Gambar 4.6 Rute Pengujian <i>Realtime</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Confusion Metric	21
Tabel 4.1 Arsitektur Tiny YOLOV4.....	28
Tabel 4.2 Arsitektur Tiny YOLOV3.....	29
Tabel 4.3 Perbandingan <i>Average Loss</i> setiap <i>Epoch</i>	29
Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Tiny YOLOv3 dan Tiny YOLOv3	32
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Simulasi	38
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Deteksi Tiny-YOLOv4 dengan HSV	43
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Realtime	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan di jalan raya semakin meningkat setiap tahunnya. Sehingga menjadikan kecelakaan di jalan raya pembunuh terbesar ketiga di Indonesia setelah penyakit jantung koroner dan tuberkulosis[1].Penyebab utama kecelakaan adalah faktor kesalahan manusia (*human error*) disebabkan kelalaian pengemudi, keterampilan pengemudi, etika lalu lintas dan komunikasi di jalan [2]. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam transportasi berkembanglah sebuah *autonomous electric vehicle*.

Dengan menggunakan *autonomous electric vehicle* diharapkan dapat mengurangi angka kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kelalaian manusia [3]. *Autonomous electric vehicle* dapat bergerak tanpa adanya pengemudi yang mengendalikan. Sehingga kendaraan tersebut harus dilengkapi dengan berbagai sensor salah satunya menggunakan kamera [4] yang bertugas memberikan inputan visual yang digunakan untuk mendeteksi objek di sekitar *autonomous electric vehicle*.

Pada penelitian untuk pendeteksian objek telah dilakukan dalam berbagai metode diantaranya yaitu, K-NN *algorithm* [5], MASK-RNN[6], Lane-Net yang berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) [7], dan menggunakan *Hough Transform* untuk mendeteksi objek di sekitar jalan [8].

Pada penelitian-penelitian tersebut menunjukkan akurasi yang baik. [3][6][7][8] namun tidak dijalankan secara *realtime*. Oleh karena itu penulis mencoba menerapkan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) yang merupakan pengembangan dari metode CNN dan dapat dijalankan secara *realtime* untuk mendeteksi objek jalan yang akan dilalui oleh *autonomous electric vehicle*. Pendeteksian objek menggunakan algoritma YOLO sebelumnya telah dilakukan Hendawan Soebakti [9],YOLO digunakan dalam robot sepak bola yang terdapat sebuah *webcam* untuk mendeteksi gawang dan bola. Pada penelitian tersebut [9] didapatkan akurasi sebesar 87.07% dengan *frame per second* sebesar 28.3 *fps*

berdasarkan penelitian tersebut, YOLO memiliki kecepatan *fps* yang lebih baik dari pada metode lain [3][6][7] Bahkan pada Tiny-YOLOv4 merupakan pendeteksian tercepat dengan 371 *fps* dan lebih akurat dari pada pendeteksian realtime lainnya[10].

Pada tugas akhir ini akan direalisasikan identifikasi objek menggunakan algoritma YOLO. Metode ini berfungsi untuk mendeteksi objek secara *realtime* dimana hasil keluaran dari deteksi tersebut berupa parameter objek di sekitar *autonomous electric vehicle*. Hasil deteksi tersebut akan dikirimkan secara serial menuju mikrokontroler yang akan diproses menjadi sinyal kendali.

1.2 Perumusan Masalah

Autonomous electric vehicle saat beroperasi membutuhkan identifikasi objek yang dilakukan secara *realtime* yang berguna sebagai inputan sistem kendali yang akan mengarahkan *autonomous electric vehicle*. Pada saat ini metode yang digunakan belum dapat mengidentifikasi objek secara *realtime*. Sehingga penelitian ini akan menggunakan *deep learning* algoritma YOLO sebagai input sistem kendali kemudi pada *autonomous electric vehicle*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi objek yang akan dilalui *autonomous electric vehicle* berbasis algoritma YOLO. Penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan performansi dari metode YOLO dalam mengidentifikasi objek di sekitar *autonomous electric vehicle*.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar penelitian menjadi lebih fokus, pembatasan masalah perlu dilakukan. Batasan pada penelitian ini adalah:

1. Objek yang diidentifikasi meliputi motor, mobil, dan manusia yang berada di sekitar jalan kampus Unsri Indralaya

2. Pengambilan citra dan pengujian objek akan dilakukan menggunakan *webcam* dengan resolusi 1080p 30 *fps* yang terpasang pada *autonomous electric vehicle*.
3. Algoritma YOLO akan dibuat dengan menggunakan *platform* python
4. Citra yang akan menjadi inputan adalah berupa video secara *realtime*.

1.5 Keahlian Penelitian

Dalam penelitian ini akan mengembangkan suatu metode identifikasi objek dengan menggunakan algoritma *You Only Look Once* (YOLO). Beberapa penelitian telah dilakukan penelitian untuk mendeteksi objek di sekitar *autonomous electric vehicle*. Abdelkader Dairi, dkk menggunakan *K-NN algorithm* [5] menggunakan arsitektur *deep learning stacked-autoencoders* (DSA) dengan 4 layer untuk mendeteksi objek sekitar dalam keramaian.

Pada penelitian, lain Ze Wang menggunakan metode yang bernama LaneNet “Real-Time Lane Detection Networks for Autonomous Driving” yang di mana pada metode ini mendeteksi tepi jalur jalan berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi ruas jalan yang akan dilalui menjadi dua bagian. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan secara *real-time* sehingga tidak dapat diterapkan pada *autonomous electric vehicle*.

Tarezqi Mochtar menggunakan metode *hough Transform* untuk mendeteksi garis markah jalan. Pada penelitian ini data sensor kamera akan dikonversi RGB ke level *Greyscale* atau hitam putih menggunakan metode *Canny* dengan besar Threshold 90-150 kemudian akan mendeteksi markah jalan dengan *hough transform*[8]. Dalam penelitian ini dapat mendeteksi markah belok kanan, lurus, dan belok kiri.

Liu Bin melakukan penelitian mendeteksi *Lane Line* menggunakan metode *Mask R-CNN*[6]. *Mask R-CNN* merupakan metode lanjutan dari *Faster-RCNN* yang mendeteksi citra dalam tingkat piksel. *Mask-RCNN* menggunakan *framework* *Faster R-CNN* namun dapat mengklasifikasi dan lokalisasi dalam tingkat piksel. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dalam berbagai macam kondisi jalan diantaranya jalan rusak, berbayang, saat malam, hujan, dan bersalju. Namun metode

ini tidak dapat dijalankan secara *realtime*. Dalam penelitian yang dilakukan Liu Bin, menunjukkan akurasi sebesar 97.9% dan dapat mendeteksi berbagai jenis jalan. Namun metode ini tidak dapat dijalankan secara *realtime* dikarenakan mendapatkan *fps* yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hidayati and L. Y. Hendrati, "Analisis Risiko Kecelakaan Lalu Lintas Berdasar Pengetahuan, Penggunaan Jalur, dan Kecepatan Berkendara," *J. Berk. Epidemiol.*, vol. 4, no. 2, pp. 275–287, 2016, doi: 10.20473/jbe.v4i2.2016.275.
- [2] S. m Y. Sugianto Gito, "Karakteristik Kecelakaan Lalu lintas dan Pendidikan Keselamatan Berlalu Lintas Sejak Usia Dini: Studi Kasus di Kabupaten Purbalingga," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 65–75, 2015, [Online]. Available: <https://borang.umy.ac.id/index.php/st/article/view/707>.
- [3] M. Taufiqurrahman, S. Sumardi, and M. A. Riyadi, "Perancangan Self Driving Dengan Metode Kontrol Pd Pada Sistem Tracking Autonomous Car," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 173–179, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/13717>.
- [4] M. Silva, L. Garrote, F. Moita, M. Martins, and U. Nunes, "Autonomous electric vehicle: Steering and path-following control systems," *Proc. Mediterr. Electrotech. Conf. - MELECON*, pp. 442–445, 2012, doi: 10.1109/MELCON.2012.6196468.
- [5] A. Dairi, F. Harrou, Y. Sun, and M. Senouci, "Obstacle Detection for Intelligent Transportation Systems Using Deep Stacked Autoencoder and k-Nearest Neighbor Scheme," *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 12, pp. 5122–5132, 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2831082.
- [6] B. Liu, H. Liu, and J. Yuan, "Lane Line Detection based on Mask R-CNN," vol. 87, no. Icmeit, pp. 696–699, 2019.
- [7] Z. Wang, "LaneNet: Real-Time Lane Detection Networks for Autonomous Driving."
- [8] M. Tarezqi and Rohma, "Rancang bangun sistem deteksi garis marka jalan dengan metode hough transform berbasis raspberry pi," 2018.
- [9] H. Soebhakti, S. Prayoga, R. A. Fatekha, and M. B. Fashla, "The Real-Time

- Object Detection System on Mobile Soccer Robot using YOLO v3,” *Proc. 2019 2nd Int. Conf. Appl. Eng. ICAE 2019*, pp. 3–8, 2019, doi: 10.1109/ICAE47758.2019.9221734.
- [10] J. Redmon and A. Farhadi, “YOLO9000: Better, faster, stronger,” *Proc. - 30th IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognition, CVPR 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 6517–6525, 2017, doi: 10.1109/CVPR.2017.690.
- [11] R. Girshick, “Fast R-CNN,” *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, vol. 2015 Inter, pp. 1440–1448, 2015, doi: 10.1109/ICCV.2015.169.
- [12] R. Joseph, S. Divvala, R. Girschick, and F. Ali, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” *J. Chem. Eng. Data*, 2016, doi: 10.1021/je00029a022.
- [13] P. Pias, “Object Detection and Distance Measurement,” 2019. <https://github.com/paul-pias/Object-Detection-and-Distance-Measurement> (accessed Jun. 04, 2021).
- [14] A. Bochkovskiy, C. Y. Wang, and H. Y. M. Liao, “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection,” *arXiv*, 2020.
- [15] M. Harun, “Deteksi Objek Sekitar Menggunakan Algoritma You Only Look Once (Yolo) Untuk Autonomous Electric Vehicle,” 2020.
- [16] Alexey, “Darknet YOLOv3 & YOLOv4,” 2018. <https://github.com/AlexeyAB/darknet> (accessed Jun. 01, 2021).