

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI JALAN SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN) PADA
*AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE***



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

MARKUS HERMAWAN

03041281722033

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI JALAN SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)* PADA
*AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE***



SKRIPSI

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

Oleh :

**MARKUS HERMAWAN
03041281722033**

Palembang, 27 Juli 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Mengetahui,
Keras Jurusan Teknik Elektro



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

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T
NIP : 19750211200312100

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Markus Hermawan
NIM : 03041281722033
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 16%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Identifikasi Jalan sebagai Input Sistem Kendali Kemudi Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) 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



Markus Hermawan

NIM. 03041281722033

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 : Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T

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 : Markus Hermawan
NIM : 03041281722033
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 JALAN SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI
MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN) 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,



Markus Hermawan
NIM. 03041281722033

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 Jalan Sebagai Input Sistem Kendali Kemudi Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) 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 Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi.
3. 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. Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc. yang juga merupakan dosen Teknik Kendali dan Kompter yang selalu mengajar dan mendukung selama perkuliahan.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Orang tua, saudara, keluarga yang selalu memberikan semangat dan memberi dukungan baik secara mental, fisik, maupun finansial.

8. Saudara Irvine Valiant Fanthony, Muhammad Fauzan dan M. Zaid Haritsyah selaku rekan kerja yang selalu bersemangat dalam pembuatan tugas akhir ini.
9. Albert Mario, Mummad Yusup, Jordy Setiawan, dan teman-teman satu angkatan konsentrasi Teknik kendali dan Komputer yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini khususnya.
10. Dan pihak-pihak yang sangat membantu didalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Didalam 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



Markus Hermawan

NIM. 03041281722033

ABSTRAK

IDENTIFIKASI JALAN SEBAGAI INPUT SISTEM KENDALI KEMUDI MENGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE

(Markus Hermawan, 03041281721033, 2021, 52 halaman)

Pengembangan di bidang *computer vision* dan robotika terus digalakkan khususnya *autonomous electric vehicle* untuk mengatasi kecelakaan lalu lintas akibat kesalahan manusia. Saat ini metode yang digunakan tidak bersifat *real time*. Maka, pada penelitian ini dikembangkan *autonomous electric vehicle* yang mampu mengikuti rute yang telah ditentukan dengan mengidentifikasi jalan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai input pada sistem kendali kemudi. Model hasil pelatihan yang diterapkan pada pengujian ini menggunakan *optimizer Stochastic Gradient Descent* 150 *epoch* karena memiliki nilai *loss* yang lebih kecil, yaitu 0.6133 dan memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi sebesar 0.7743 jika dibandingkan dengan model hasil pelatihan menggunakan *optimizer Adam*. Pengujian menggunakan model tersebut dilakukan dalam 2 pengujian, yaitu pengujian simulasi dan pengujian *real time*. Pada pengujian simulasi dari 15 kali percobaan didapatkan persentase keberhasilan sebesar 93,333% dengan hanya satu kesalahan klasifikasi kelas dan 100% untuk pengujian pengiriman data dari sistem ke alat. Dan pada pengujian *real time*, *autonomous electric vehicle* berhasil mengikuti rute yang telah ditentukan. Akan tetapi, *autonomous electric vehicle* belum berhasil menghindari objek yang berada di depannya karena mekanik setir yang kurang presisi dan juga kurangnya variasi data latih dari berbagai kondisi yang mungkin dilalui *autonomous electric vehicle*.

Kata kunci : *Autonomous Electric Vehicle, CNN, Identifikasi Jalan*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Palembang, 27 Juli 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T
NIP : 19750211200312100

ABSTRACT
ROAD IDENTIFICATION AS INPUT OF STEERING CONTROL SYSTEM
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) ON
AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE

(Markus Hermawan, 03041281721033, 2021, 52 pages)

Developments in the field of computer vision and robotics continue to be encouraged, especially autonomous electric vehicles to overcome traffic accidents due to human error. Currently, the method used is not real-time. So, in this study, an autonomous electric vehicle to be able to follow a predetermined route by identifying the road using the Convolutional Neural Network (CNN) as an input to the steering control system. The training model applied in this test uses the Stochastic Gradient Descent 150 epoch optimizer because it has a smaller loss value of 0.6133 and has a higher accuracy rate of 0.7743 when compared to the training model using the Adam optimizer. Testing using the model is carried out in 2 tests, namely simulation testing and real-time testing. In simulation testing, from 15 trials conducted, the percentage of success was 93.333%, with only one class classification error and 100% success rate for testing data transmission from the system to the tool while in real-time testing, the autonomous electric vehicle managed to follow a predetermined route accurately. However, the autonomous electric vehicle has not succeeded in avoiding the object in front of it due to the lack of precise steering mechanics and also the lack of variation in training data from various conditions that may be passed by the autonomous electric vehicle.

Keyword : Autonomous Electric Vehicle, CNN, Road Identification

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Palembang, 27 Juli 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T
NIP : 19750211200312100

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
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	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>State of The Art</i>	6
2.2 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Studi Literatur.....	15
3.2 Perancangan Sistem.....	15
3.2.1 Perancangan <i>software</i>	17
3.2.2 Perancangan <i>hardware</i>	17
3.3 Pengambilan Data.....	22
3.4 Pelatihan Gambar	22

3.5 Pengujian Sistem	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Perancangan Alat.....	25
4.2 Pengumpulan Data Latih	26
4.3 Pengolahan Data Latih	28
4.4 Proses Pelatihan CNN	28
4.5 <i>Training</i> Model Menggunakan <i>Optimizer</i> SGD dan Adam	29
4.6 Pengujian Simulasi Sistem	31
4.7 Pengujian <i>Real Time</i> Sistem	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR RUMUS

Rumus 3.1 Akurasi.....	23
------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil Deteksi Siang Hari Cerah (a), Mendung (b), Senja (c), dan Kondisi Normal dengan Satu Sisi Garis (d).....	8
Gambar 2.2 Hasil Deteksi Jalan Menggunakan RPDM, SVM, dan FSVMs	9
Gambar 2.3 Hasil Deteksi Jalur pada Kondisi Lingkungan Jalan Kompleks	11
Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan CNN.....	12
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	14
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Sistem	16
Gambar 3.3 Sketsa Posisi <i>Webcam</i> , <i>Rotary Encoder</i> , dan Sensor Jarak.....	17
Gambar 3.4 Arduino Mega (a), Arduino Nano (b)	18
Gambar 3.5 <i>Webcam</i> Logitech C925e	19
Gambar 3.6 <i>Rotary Encoder</i>	20
Gambar 3.7 Sensor Ultrasonik Maxbotix MB1220 (a), Sensor Ultrasonik Maxbotix MB7076 (b)	21
Gambar 3.8 <i>Driver Motor</i> BTS7960.....	21
Gambar 3.9 Sensor Kompas CMPS12	22
Gambar 3.10 LCD I2C	22
Gambar 4.1 <i>Autonomous Electric Vehicle</i> Tampak Depan (a), Tampak Samping (b), dan Kendali Kemudi dan Letak Kamera (c).....	26
Gambar 4.2 Sampel Gambar Data Latih: Patah Kiri (a), Kiri Sedang (b), Kiri (c), Lurus (d), Kanan (e), Kanan Sedang (f), dan Patah Kanan (g).....	27
Gambar 4.3 Hasil Pengolahan Data Latih.....	28
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Pelatihan <i>Optimizer</i> SGD dan Adam.....	30
Gambar 4.5 Rute Pengujian <i>Real Time Autonomous Electric Vehicle</i>	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh Pengujian Iluminasi pada Deteksi <i>Street Mark</i>	7
Tabel 2.2 Hasil Akurasi Deteksi Perhitungan Kendaraan.....	10
Tabel 3.1 <i>Confusion Metric</i>	23
Tabel 4.1 Arsitektur Jaringan CNN	28
Tabel 4.2 Perbandingan <i>Loss</i> dan Akurasi.....	29
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Simulasi	32
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Real Time</i> Sistem.....	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Human error atau kesalahan manusia merupakan faktor utama penyebab terjadinya suatu kecelakaan, khususnya dalam kecelakaan lalu lintas. Kecelakaan lalu lintas akibat kesalahan manusia telah menyebabkan berbagai kerugian seperti kerugian secara material, cedera, hingga hilangnya nyawa manusia. Hal ini mendorong pengembangan terus digalakkan khususnya di bidang *computer vision* dan robotika, yaitu *autonomous electric vehicle* untuk mengatasi permasalahan tersebut [1]. *Autonomous electric vehicle* merupakan kendaraan yang mengacu pada otomatisasi tanpa campur tangan manusia yang terintegrasi dari ilmu *automobile*, kelistrikan dan elektronik, geografi, komputer dan IT serta dilengkapi dengan sistem *self-driving* [2]. *Self-driving* dapat diartikan sebagai sebuah sistem yang dapat mempermudah pekerjaan manusia dalam hal mengemudi seperti halnya menggerakkan gas *throttle*, *gear shift*, rem, dan kemudi secara otomatis. Perkembangan sistem *self-driving* ini pun sudah diintegrasikan dengan berbagai metode penelitian seperti menggunakan sensor ultrasonik, radar, lidar, GPS, atau pun kamera sebagai input pengganti manusia [3].

Agar *autonomous electric vehicle* dapat diimplementasikan, diperlukan pengenalan kondisi lingkungan yang ada sehingga kendaraan dapat beroperasi secara otomatis tanpa bantuan manusia pada rute yang telah ditentukan [4]. Kondisi lingkungan dapat divisualisasikan dengan sistem navigasi melalui penggunaan kamera sebagai sensor *vision* seperti mata manusia untuk mendeteksi jalan dan mengaplikasikan sensor jarak ultrasonik untuk mendeteksi adanya halangan sebagai pengaman agar tidak terjadi kecelakaan atau peristiwa yang tidak diinginkan.

Beberapa penelitian mengenai deteksi jalan *pada autonomous electric vehicle* telah dilakukan oleh banyak peneliti dengan menerapkan berbagai metode,

diantaranya yaitu metode *Hue Saturation Value (HSV) color filtering* [3], *Hough Transform* [5], *Support Vector Machine (SVM)* [6], *Mask R-CNN* [7], *Convolutional Neural Network (CNN)* [8], dan lain sebagainya. Dari beberapa metode tersebut, secara keseluruhan telah menunjukkan hasil yang baik dalam pendeteksian jalan. Namun, ada beberapa penelitian yang hanya dapat mendeteksi jalan dengan garis marka saja [3][5]. Sedangkan pada penelitian lainnya, metode SVM digunakan dalam mendeteksi jalan yang tidak berstruktur [6]. Kemudian metode *MASK R-CNN* digunakan untuk mendeteksi jalan dari berbagai kondisi seperti bersalju, hujan, kabut, dan lainnya [7]. Namun, metode-metode ini masih belum dapat dilakukan secara *real time*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jihun Kim dan Minho Lee dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* sudah dilakukan secara *real time* dan didapatkan hasil yang cukup akurat pada kondisi jalan yang kompleks. Tetapi, jalan-jalan tersebut masih terdapat marka jalan [8].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian yang menerapkan *deep learning, Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mendeteksi jalan secara *real time*. Metode ini memiliki keunggulan, yaitu mampu mengenali objek dalam citra pada berbagai macam posisi yang mungkin (*translation invariance*). Dan juga proses komputasi yang lebih kuat, tidak terbatas pada *dataset* berskala besar serta teknik untuk melatih jaringan yang lebih dalam [9]. Metode CNN ini sebagai input yang akan memberikan sinyal kepada pengendali berupa koordinat ke mikrokontroler melalui komunikasi serial sebagai penentu arah kemudi agar *autonomous electric vehicle* dapat beroperasi secara otomatis pada rute yang telah ditentukan. Oleh sebab itu, pada penelitian ini diambil topik mengenai identifikasi jalan sebagai input sistem kendali kemudi menggunakan CNN pada *autonomous electric vehicle*.

1.2 Perumusan Masalah

Autonomous electric vehicle merupakan kendaraan yang mengacu pada otomatisasi tanpa campur tangan manusia, maka dari itu diperlukan sistem navigasi sehingga kendaraan dapat beroperasi secara otomatis pada rute yang telah ditentukan. Dengan adanya sistem navigasi yang terintegrasi dengan berbagai sensor dan modul kontrol, *autonomous electric vehicle* dapat beroperasi lebih optimal dan meminimalisir kemungkinan kecelakaan atau peristiwa yang tidak diinginkan. Pengendali kemudi dan deteksi objek pada *autonomous electric vehicle* menjadi sistem navigasi utama yang diperlukan. Saat ini, metode yang diterapkan secara keseluruhan hanya dapat mendeteksi jalan dengan kondisi jalan yang memiliki garis/ *lane* saja. Sehingga, pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan algoritma *deep learning* untuk mendeteksi jalan tanpa garis secara *real time* sebagai penentu arah kemudi agar *autonomous electric vehicle* tetap dapat beroperasi pada rute yang telah ditentukan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji performansi dari sistem kendali kemudi berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengidentifikasi jalan pada *autonomous electric vehicle* secara *real time* yang dibuat.

1.4 Pembatasan Masalah

Lingkup batasan masalah pada penelitian ini agar permasalahan yang dibahas menjadi terarah meliputi:

1. *Autonomous electric vehicle* beroperasi di kampus Unsri Indralaya.
2. Pengambilan citra jalan dilakukan dengan menggunakan *webcam* beresolusi 1080p yang diposisikan pada bagian atas *autonomous electric vehicle*.
3. Menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi jalan dengan menggunakan platform Python.

1.5 Keaslian Penelitian

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai deteksi jalan pada *autonomous electric vehicle* telah banyak dilakukan dengan berbagai metode yang bervariasi. Muhammad Taufiqurrahman dkk melakukan penelitian untuk mendeteksi letak dari *street mark* dengan menggunakan metode *HSV color filtering* pada *prototype autonomous car* [3]. Penelitian ini menggunakan kamera sebagai sensor *vision* untuk mendeteksi letak dari *street mark* dengan membedakan warna putih dan hitam. Namun, pada penelitian ini kondisi penerangan sangat mempengaruhi pendeteksian objek yang mana kesesuaian dengan ruang menjadi kelemahan dalam metode *HSV color filtering* ini.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Jia He dkk. mendeteksi garis marka jalan dengan menggunakan algoritma *Hough Transform* [5]. Dalam penelitiannya, proses deteksi marka jalan diawali dengan melakukan deteksi tepi yang mana tepi citra mencerminkan ketidakkaitan karakteristik citra lokal (mutasi *grayscale*, mutasi warna, dll) dengan menggunakan berbagai metode seperti *Sobel operator*, *Gauss Laplace operator*, dan *Canny operator*. Kemudian hasil citra deteksi tepi tersebut diolah dengan menggunakan algoritma *Hough* dalam mencari marka jalan. Pada penelitian ini menunjukkan tingkat keakuratan yang tinggi dalam mendeteksi marka jalan dalam berbagai kondisi seperti pada siang hari cerah, mendung, senja, dan kondisi normal dengan satu sisi garis. Namun, deteksi jalur hanya dapat dilakukan pada kondisi jalan yang memiliki garis/*lane* dan pada kondisi jalur lurus saja.

Selain itu, ada penelitian lain yang dilakukan oleh Shengyan Zhou dan Karl Iagnemma untuk mendeteksi jalan yang tidak berstruktur dengan menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM). Pada penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan *Road Probabilistic Distribution Mode* (RPDM) dan *Fuzzy Support Vector Machines* (FSVMs) untuk mendapatkan pengklasifikasi yang relatif akurat [6]. Walaupun *error* yang didapatkan pada penelitian ini relatif kecil, akan tetapi pengolahan citra harus melalui beberapa tahapan terlebih dahulu sehingga

waktu komputasi menjadi lebih lama dan juga belum dapat diaplikasikan secara *real time*.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Liu Bin dkk dengan menggunakan metode *MASK-RCNN* untuk mendeteksi kondisi jalan yang kompleks [7]. *MASK-RCNN* menggunakan framework *Faster R-CNN* untuk mendeteksi gambar dalam tingkat piksel dengan menerapkan *Instance Segmentation* yang presisi. Penelitian ini menunjukkan persentase akurasi sebesar 97.9% dalam mendeteksi kondisi jalan yang kompleks. Akan tetapi metode ini belum dapat diaplikasikan secara *real time* dalam pengujiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Farag, "Recognition of traffic signs by convolutional neural nets for self-driving vehicles," *Int. J. Knowledge-Based Intell. Eng. Syst.*, vol. 22, no. 3, pp. 205–214, 2018, doi: 10.3233/KES-180385.
- [2] Y. G. Choi, K. Il Lim, and J. H. Kim, "Lane change and path planning of autonomous vehicles using GIS," *2015 12th Int. Conf. Ubiquitous Robot. Ambient Intell. URAI 2015*, pp. 163–166, 2015, doi: 10.1109/URAI.2015.7358855.
- [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] D. Neven, B. De Brabandere, S. Georgoulis, M. Proesmans, and L. Van Gool, "Towards End-to-End Lane Detection: An Instance Segmentation Approach," *IEEE Intell. Veh. Symp. Proc.*, vol. 2018-June, pp. 286–291, 2018, doi: 10.1109/IVS.2018.8500547.
- [5] J. He, H. Rong, J. Gong, and W. Huang, "A lane detection method for lane departure warning system," *Proc. - 2010 Int. Conf. Optoelectron. Image Process. ICOIP 2010*, vol. 1, pp. 28–31, 2010, doi: 10.1109/ICOIP.2010.307.
- [6] S. Zhou and K. Iagnemma, "Self-supervised learning method for unstructured road detection using fuzzy support vector machines," *IEEE/RSJ 2010 Int. Conf. Intell. Robot. Syst. IROS 2010 - Conf. Proc.*, pp. 1183–1189, 2010, doi: 10.1109/IROS.2010.5650300.
- [7] B. Liu, H. Liu, and J. Yuan, "Lane Line Detection based on Mask R-CNN," vol. 87, no. Icmeit, pp. 696–699, 2019, doi: 10.2991/icmeit-19.2019.111.

- [8] J. Kim and M. Lee, "Robust lane detection based on convolutional neural network and random sample consensus," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 8834, pp. 454–461, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-12637-1_57.
- [9] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning (Adaptive Computation and Mechine Learning Series)*. The IMT Press, 2016.
- [10] S. Ren, K. He, R. Girshick, X. Zhang, and J. Sun, "Object detection networks on convolutional feature maps," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 39, no. 7, pp. 1476–1481, 2017, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2601099.
- [11] A. L. Katole, K. P. Yellapragada, A. K. Bedi, S. S. Kalra, and M. S. Chaitanya, "Hierarchical Deep Learning Architecture For 10k Objects Classification," *Comput. Sci. Inf. Technol. (CS IT)*, pp. 77–93, 2015, doi: 10.5121/csit.2015.51408.
- [12] J. Kim, O. Sangjun, Y. Kim, and M. Lee, "Convolutional Neural Network with Biologically Inspired Retinal Structure," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 88, pp. 145–154, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.418.
- [13] Logitech, "C925e BUSINESS WEBCAM." <https://www.logitech.com/id-id/products/webcams/c925e-business-webcam.960-001075.html?crid=34> (accessed Jan. 19, 2021).
- [14] O. Nurima Putri, "Implementasi Metode CNN dalam Klasifikasi Gambar Jamur pada Analisis Image Processing (Studi Kasus: Gambar Jamur dengan Genus Agaricus dan Amanita)," 2020.
- [15] M. R. Alhamdi, "Deteksi Jalan di sekitar Autonomous Electric Vehicle Berbasis Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)," 2020.