

SKRIPSI
DETEKSI JALAN DI SEKITAR *AUTONOMOUS ELECTRIC*
VEHICLE BERBASIS ALGORITMA CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK (CNN)



OLEH
M RAFLI ALHAMDI
03041381621065

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN
DETEKSI JALAN DI SEKITAR AUTONOMOUS ELECTRIC
VEHICLE BERBASIS ALGORITMA CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK (CNN)



SKRIPSI

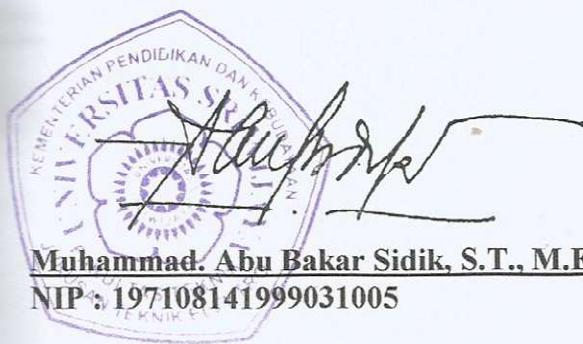
Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

M RAFLI ALHAMDI
03041381621065

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Palembang, Desember 2020
Menyetujui,
Pembimbing Utama



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



Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S.
NIP : 198407302008122001

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. Ens. Suci Dwijayanti

Tanggal : 21 / Desember / 2020

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M Rafli Alhamdi

NIM : 03041381621065

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 11%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Deteksi Jalan di Sekitar *Autonomous Electric Vehicle* Berbasis Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)” 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, Desember



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT serta sholawat dan salam agar selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan skripsi " Deteksi Jalan di Sekitar *Autonomous Electric Vehicle* Berbasis Algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*".

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. Herlina, S.T., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku pembimbing utama tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T. selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta pengembang ide.
4. Dosen pembimbing akademik, bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D 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 serta adik dan Keluarga tercinta yang selalu mendukung, dan memberikan doa.
7. Saudara M. Harun Alrasyid selaku rekan sepembimbing yang selalu bersemangat dan membantu pembuatan tugas akhir ini.
8. Reksi Andika Gustio, Ichsanul Amal, 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 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, Desember 2020



M Rafli Alhamdi

NIM. 03041381621065

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Keaslian Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>State of The Art</i>	6
2.2 Citra.....	9
2.3 Pengolahan Citra	11
2.4 Deteksi Objek.....	11
2.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	12
2.6 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	15
2.6.1 <i>Webcam</i>	15
2.6.2 Python	16
2.6.3 Tensorflow	16
2.6.4 Open CV	16

BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1. Studi Literatur	18
3.2. Pengambilan Dataset dan Perancangan Sistem.....	19
3.2.1. Pengambilan Dataset.....	20
3.2.2. Perancangan sistem.....	22
3.3. Pengujian.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Pengumpulan Data Latih.....	24
4.2. Pengolahan Data Latih.....	25
4.3. Proses Pelatihan CNN	26
4.4. <i>Training</i> Model Menggunakan <i>Optimizer Adam</i>	27
4.4.1. <i>Training</i> Menggunakan <i>Optimizer Adam</i> , <i>Epoch</i> 100 Dengan <i>Learning Rate</i> 0,001	27
4.4.2. <i>Training</i> Menggunakan <i>Optimizer Adam</i> , <i>Epoch</i> 200 Dengan <i>Learning Rate</i> 0,001	27
4.5. <i>Training</i> Model <i>Optimizer SGD</i>	28
4.5.1. <i>Training</i> Menggunakan <i>Optimizer SGD</i> , <i>Epoch</i> 100 Dengan <i>Learning Rate</i> 0,001	28
4.5.2. <i>Training</i> Menggunakan <i>Optimizer SGD</i> , <i>Epoch</i> 200 Dengan <i>Learning Rate</i> 0,001	29
4.6. <i>Training</i> Model <i>Optimizer Adadelta</i>	29
4.7. Perbandingan <i>Training</i> Model <i>Optimizer Adam</i> , <i>SGD</i> , dan <i>Adadelta</i>	30
4.8. Pengujian Hasil <i>Training</i>	31
4.8.1 Pengujian Hasil <i>Training</i> Pada Kamera Depan.....	31
4.8.1.1 Pengujian Kamera Depan Dengan Menggunakan Model 1 (Hasil Pelatihan Dari <i>Optimizer Adam</i>).....	31
4.8.1.2 Pengujian Kamera Depan Dengan Menggunakan Model 2 (Hasil Pelatihan Dari <i>Optimizer SGD</i>)	36
4.8.2 Pengujian Hasil <i>Training</i> Pada Kamera Belakang.....	41
4.8.2.1 Pengujian Kamera Belakang Dengan Model 1 (Hasil Pelatihan Dari <i>Optimizer Adam</i>).....	42
4.8.2.2 Pengujian Kamera Belakang Dengan Menggunakan Model 2 (Hasil Pelatihan Dari <i>Optimizer SGD</i>)	45
4.9. Perbandingan CNN dan HSV dalam Mendeteksi Jalan.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53

5.1.	Kesimpulan	53
5.2.	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN.....		56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil penelitian menggunakan metode SVM.....	6
Gambar 2.2 Hasil penelitian menggunakan metode YOLO	8
Gambar 2.3 Hasil penelitian berbasis CNN	9
Gambar 2.4 Citra RGB.....	10
Gambar 2.5 Citra Grayscale.....	10
Gambar 2.6 Citra BW	11
Gambar 2.7 Deteksi Objek menggunakan Bounding Box	12
Gambar 2.8 Model yang digunakan CNN	13
Gambar 2.9 Arsitektur umum CNN.....	14
Gambar 2.10 Webcam	15
Gambar 3.1 Flowchart Langkah penelitian	18
Gambar 3.2 Flowchart sistem deteksi jalan.....	19
Gambar 3.3 Sketsa posisi webcam.....	20
Gambar 3.4 Jalan aspal	21
Gambar 3.5 Jalan berlubang.....	21
Gambar 3.6 Jalan tanah	21
Gambar 4.1 Sampel data latih	24
Gambar 4.2 Proses <i>labelling</i> menggunakan <i>VGG Image Annotator</i>	25
Gambar 4.3 Format anotasi file ekstensi .json	26
Gambar 4.4. Grafik Hasil <i>Training Optimizer</i> Adam dengan epoch 100 learning rate 0,001	27
Gambar 4.5 Grafik Hasil Training optimizer Adam dengan epoch 200 learning rate 0,001	28
Gambar 4.6 Grafik Hasil Training optimizer SGD dengan epoch 100 learning rate 0,001	29
Gambar 4.7 Grafik Hasil Training optimizer SGD dengan epoch 200 learning rate 0,001	29
Gambar 4.8 Grafik Hasil <i>Training Optimizer</i> Adadelta Dengan Epoch 200 learning rate 0.001.....	30

Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Hasil *Training Optimizer* Adam, SGD, dan
Adadelta Dengan *Epoch* 200 *learning Rate* 0,001.....31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Confusion Metric</i>	23
Tabel 4.1 Arsitektur Jaringan	26
Tabel 4.2 Hasil pengujian kamera depan dengan optimizer adam.....	32
Tabel 4.3 Hasil pengujian kamera depan dengan optimizer SGD	36
Tabel 4.4 Perbandingan Akurasi Model 1 dan Model 2	40
Tabel 4.5 Hasil pengujian kamera belakang dengan optimizer adam.....	42
Tabel 4.6 Hasil pengujian kamera belakang dengan optimizer SGD	46
Tabel 4.7 Perbandingan Akurasi Model 1 dan Model 2.....	49
Tabel 4.8 Hasil pengujian deteksi jalan algoritma CNN dan algoritma HSV..	51

DAFTAR RUMUS

Rumus 3.1	23
-----------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Python *testing* video

Lampiran 2. Program Penghitungan akurasi menggunakan Matlab

Lampiran 3. Pengujian kamera depan optimizer Adam

Lampiran 4. Pengujian kamera depan optimizer SGD

Lampiran 5. Pengujian kamera belakang optimizer Adam

Lampiran 6. Pengujian menggunakan optimizer Adadelta

ABSTRAK

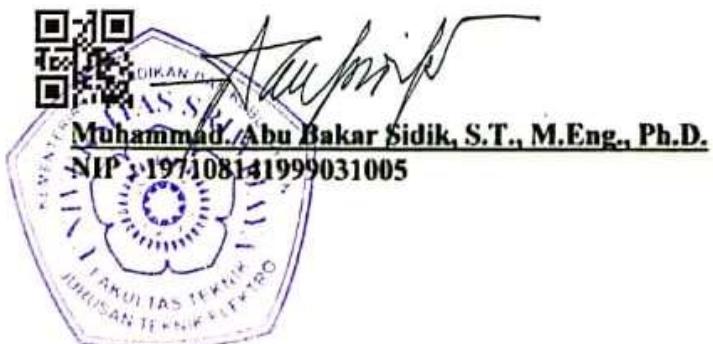
DETEKSI JALAN DI SEKITAR AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE BERBASIS ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

(M Rafli Alhamdi, 03041381621065, 2020, xvii + 55 halaman + Lampiran)

Autonomous electric vehicle dalam pengoperasian perlu mengetahui kondisi jalan yang akan dilalui agar *autonomous electric vehicle* dapat berjalan sesuai dengan rute yang diinginkan. Saat beroperasi, *autonomous electric vehicle* akan berada di jalan baik terstruktur dan tidak. Jalan tersebut berupa jalur-jalur di atas permukaan bumi, dimana terkadang lapisan jalan tersebut mengalami kerusakan dan kondisi tersebut dapat mempengaruhi operasi dari *electric autonomous vehicle*. Penelitian ini membahas permasalahan pendekripsi jalan tersebut dengan menggunakan kamera untuk menangkap citra kemudian diproses menggunakan metode *lanenet* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu mendekripsi jalan secara *real time*. Penelitian ini menggunakan dua *optimizer* untuk pelatihan yaitu, Adam dan *stochastic gradient descent* (SGD). Kedua model hasil pelatihan tersebut diuji untuk mendekripsi jalan dan non jalan, seperti rumput, tanah, dan trotoar. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jalan di sekitar lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Hasil pelatihan dengan menggunakan *optimizer* Adam, 200 *epoch*, dan *learning rate* 0,001 menunjukkan sebagai model terbaik dengan nilai *loss* akhir sebesar 1,59. Sedangkan, model hasil pelatihan dengan menggunakan *optimizer* SGD, 200 *epoch*, dan *learning rate* 0,001 diperoleh nilai *loss* akhir sebesar 2.79. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model 1 yang menggunakan *optimizer* Adam memberikan lebih baik dibanding dengan model 2 yang menggunakan *optimizer* SGD, dimana akurasi rata-rata mencapai 81.49%. Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan data yang berbeda dengan pencahayaan yang kurang baik. Hasil akurasi yang didapat hanya sebesar 48.52%. Akurasi yang rendah ini dikarenakan proses pengambilan citra menggunakan resolusi dan *frame per second* yang lebih rendah dan kamera yang tidak stabil. Penelitian ini juga membandingkan deteksi jalan CNN dengan deteksi jalan HSV dimana hasilnya deteksi CNN lebih rendah dengan akurasi sebesar 79.46%. Meskipun demikian, metode CNN dapat langsung menggunakan citra tanpa perlu mengubah citra menjadi hitam putih seperti pada metode HSV.

Kata kunci : Autonomous Electric Vehicle, Convolutional Neural Network, Deteksi Jalan

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Palembang, Desember 2020
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S.
NIP : 198407302008122001

ABSTRACT

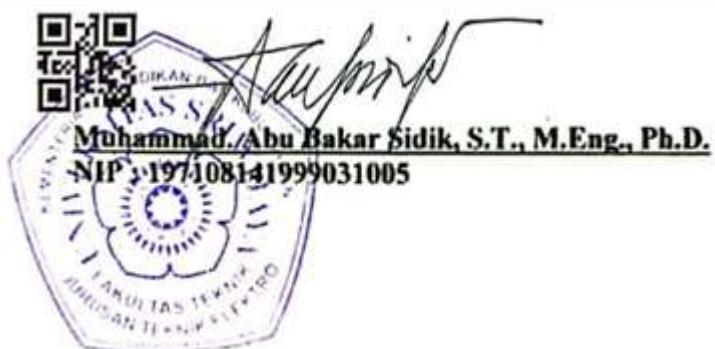
ROAD DETECTION AROUND AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) ALGORITHM

(M Rafli Alhamdi, 03041381621065, 2020, xvii + 53 pages + Appendix)

An autonomous electric vehicle needs to know the road conditions while operating. The autonomous electric vehicle has to detect the lanes in order to run in the desired routes. Such lanes could be structured and non-structured which may affect the operation of the electric autonomous vehicle. This study addressed such problems using image processing and lanenet method based on Convolutional Neural Network (CNN). This combination can detect roads in real-time. In this study, we used two optimizers for training, namely Adam and stochastic gradient descent (SGD) to detect roads and non-roads, such as grass, soil, and sidewalks. The data used in this study were the roads around the faculty of engineering, Universitas Sriwijaya. The result showed that model 1 which used optimizer Adam, 200 epoch, and learning rate 0.001 gave the final loss value of 2.79. The test results showed that model 1 is better than model 2 which used SGD with an accuracy of 81.49%. Test was also carried for different images data with poor lighting and the accuracy was only 48.52%. The low accuracy was due to the image capture process using a lower resolution, frame per second, and an unstable camera. This study also compared the road detection using CNN and HSV. CNN gave an accuracy of 79.46% which is lower than HSV. However, CNN could detect the lane directly without converting the images into binary images as in HSV.

Keywords: Autonomous Electric Vehicle, Convolutional Neural Network, Road Detection

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Palembang, Desember 2020
Menyetujui,
Pembimbing Utama



Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S.
NIP : 198407302008122001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi telah memberikan dampak ke berbagai bidang, termasuk transportasi dengan berkembangnya *autonomous electric vehicle*, yaitu kendaraan yang dapat bergerak secara otomatis dan tidak perlu digerakkan oleh manusia. Penggunaan *autonomous electric vehicle* dapat mengurangi angka kecelakaan akibat kelalaian pengendara[1]. *Autonomous electric vehicle* dapat didefinisikan sebagai kendaraan cerdas yang mengkombinasikan ilmu teknik *autonomous electric vehicle*, elektronik, geografi, dan teknik komputer terintegrasi serta dilengkapi beberapa fitur dan merujuk pada kendaraan yang menggunakan otomatisasi untuk navigasi tanpa input manusia dan meningkatkan pembangunan infrastruktur pada kendaraan secara otonom[2].

Dalam pengoperasiannya, *autonomous electric vehicle* perlu mengetahui kondisi jalan yang akan dilaluinya agar kendaraan dapat berjalan pada rute yang diinginkan. Jalan merupakan prasarana yang sangat menunjang bagi kebutuhan hidup masyarakat. Ketika beroperasi, *autonomous electric vehicle* akan berada pada jalan raya yang merupakan jalur-jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan, dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ketempat lainnya dengan mudah dan cepat [3]. Terkadang lapisan perkerasan jalan dapat mengalami kerusakan akibat beberapa faktor dan hal tersebut dapat menyebabkan kecelakaan. Kondisi jalan yang seperti itu dapat mempengaruhi operasi *autonomous electric vehicle* sehingga *autonomous electric vehicle* perlu memiliki sistem deteksi jalan sebagai pengganti mata manusia dengan tujuan agar *autonomous electric vehicle* dapat berjalan pada lajurnya dan tidak membahayakan penumpang pada kendaraan tersebut.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode yang bervariasi untuk sistem deteksi jalan pada *autonomous electric vehicle* seperti [4] yang

menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dan Algoritma “TH Finder” [5].. Sedangkan Shengyan Zhou dan Karl Iagnemma menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) pada jalan yang tidak berstruktur[6]. Selain itu, [7] menggunakan aplikasi matlab untuk mendeteksi keadaan jalan yang dilalui.

Namun, sebagian besar metode yang digunakan diterapkan pada lajur jalan yang baik seperti jalan raya. Sedangkan untuk mendeteksi jalan yang rusak menggunakan inspeksi manual melalui deteksi berbasis gambar otomatis. Hal tersebut membuat keseluruhan prosedur menjadi mahal, membutuhkan waktu yang lama, dan hasil yang didapat masih belum maksimal. Sehingga, pada penelitian ini akan dikembangkan suatu sistem deteksi jalan sekitar *autonomous electric vehicle* dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk jalan yang terstruktur dan tidak terstruktur yang kerap dijumpai di Indonesia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Junyan Lu, dkk[8] yang menggunakan metode CNN untuk mendeteksi kendaraan dari gambar udara yang berada di jalan, metode ini memiliki hasil pengujian dan akurasi yang baik dan dapat membedakan jenis kendaraan yang dideteksi dengan akurat. Oleh karena, itu pada penelitian metode CNN akan digunakan untuk mendeteksi jalan dan diharap keberhasilan penelitian ini dapat membantu mengidentifikasi jalan yang dilalui *autonomous electric vehicle* dengan membedakan antara jalan dan non jalan, seperti rumput, tanah, dan trotoar.

1.2 Perumusan Masalah

Autonomous electric vehicle saat beroperasi membutuhkan rute jalan yang akan dilalui secara *real time* dan harus dapat mendeteksi jalan yang dilaluinya agar dapat beroperasi dengan baik. Saat ini, metode yang digunakan masih belum dapat mendeteksi jalan dengan baik karena sistem deteksi yang dilakukan masih belum *real time* dan memiliki akurasi yang rendah serta tidak diterapkan pada jalan-jalan tidak berstruktur atau rusak, seperti di Indonesia. Sehingga, penelitian ini akan menggunakan algoritma *deep learning* untuk mendeteksi jalan disekitar *autonomous electric vehicle* dengan tipe lajur jalan yang berbeda-beda.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu sistem deteksi jalan sekitar yang dilalui oleh *autonomous electric vehicle* berbasis algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan performasi dari metode CNN dalam mendeteksi jalan di sekitar *autonomous electric vehicle*.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar penelitian menjadi lebih fokus, pembatasan masalah perlu dilakukan.

Batasan pada penelitian ini adalah:

1. Jalan yang akan dideteksi adalah jalan di sekitar kampus Unsri Indralaya
2. Jalan yang dideteksi adalah jalan terstruktur dan tidak struktur, dimana pada jalan tidak terstruktur terdapat non jalan berupa rumput, tanah, dan trotoar
3. Pengambilan citra jalan akan dilakukan menggunakan *webcam* yang terpasang pada mobil yang berperan sebagai *autonomous electric vehicle*
4. CNN akan dibuat dengan menggunakan *platform python*

1.5 Keaslian Penelitian

Ada beberapa penelitian yang dilakukan membahas sistem deteksi jalan pada *autonomous electric vehicle* yang dapat menjadi rujukan pada penelitian ini. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Junyan Lu, dkk [4] yang menggunakan metode YOLO untuk mendeteksi kendaraan dari gambar udara. Berdasarkan tiga set data yang diuji, hasil pengujian dengan menggunakan YOLO sangat baik terutama untuk benda kecil, benda berputar dan juga benda padat. Hal ini menunjukkan bahwa YOLO dapat diterapkan pada berbagai objek deteksi termasuk jalan.

A. Miranda, Neto, dan L. Rittner [5] melakukan penelitian tentang deteksi jalan dengan menggunakan algoritma “TH Finder” dalam tiga percobaan gambar, yaitu gambar asli, gambar abu-abu, dan gambar konvolusi antara yang filter dan abu-abu. Penelitian ini memiliki hasil yang baik dan dapat

menjelaskan bahwa gambar yang asli berdasarkan gambar yang tidak berstruktur dan dapat mendeteksi struktur jalan dengan baik. Akan tetapi, saat pencahayaan di sekitar jalan lebih terang dibanding hambatan yang ada di sekitar jalan gambar tersebut harus diproses lagi dengan cara negasi untuk menghindari keputusan yang salah.

Selanjutnya, Shengyan Zhou dan Karl Iagnemma [6] dalam penelitiannya menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) pada jalan yang tidak berstruktur. Jalan ini dibagi menjadi dua sampel jalan, yaitu jalan beton dan jalan pedesaan yang bersalju. *Error* yang dihasilkan pada penelitian ini cukup kecil. Namun, gambar yang digunakan tersebut harus diolah dalam beberapa tahapan terlebih dahulu sehingga waktu komputasi menjadi lebih lama.

Sachin Bharadwaj Sundra Murthy dan Golla Varaprasad menggunakan aplikasi matlab untuk mendeteksi keadaan jalan yang berlubang [7]. Hasil penelitian yang didapat menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi karena penggunaan kamera membantu dalam melakukan fokus pada bagian lubang yang bahkan dapat mendeteksi kedalamannya dan dapat bekerja pada pencahayaan yang kurang baik. Penggunaan kamera 3D ini membuat biaya yang dikeluarkan menjadi cukup besar dan hanya dapat menghasilkan gambar *grayscale*.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, kelemahan-kelemahan dalam penelitian sebelumnya dapat diatasi dengan metode yang dapat mendeteksi jalan dalam kondisi apapun dengan baik tanpa harus melakukan proses pengolahan citra yang membutuhkan komputasi yang lebih lama ataupun penggunaan alat yang mahal. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah CNN.

Brilian Tafjira Nugraha dan Shun Feng Su [8] yang menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam menganalisa jalan raya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa akurasi yang didapat sangat baik. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama jika jalanan yang dilalui memiliki tikungan tajam sehingga deteksi menjadi tidak akurat dan salah dalam menentukan arah jalan. Selain itu, objek deteksi jalan yang

digunakan adalah jalan raya yang berada dalam kondisi sangat baik dan tidak menjelaskan implementasi metode yang digunakan pada jalan raya yang rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Silva, L. Garrote, F. Moita, M. Martins, and U. Nunes, “Autonomous Electric Vehicle : Steering and Path-following Control Systems,” *2012 16th IEEE Mediterr. Electrotech. Conf.*, pp. 442–445, 2012.
- [2] L. Lane, “Lane Change and Path Planning of Autonomous Vehicles using GIS,” *2015 12th Int. Conf. Ubiquitous Robot. Ambient Intell.*, pp. 163–166, 2015.
- [3] I. S. Mursidi, “Evaluasi Tikungan di Ruas Jalan Dekso – Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo,” *J. Civ. Eng.*, 2008.
- [4] B. T. Nugraha and S. Su, “Towards Self-driving Car Using Convolutional Neural Network and Road Lane Detector,” *2017 2nd Int. Conf. Autom. Cogn. Sci. Opt. Micro Electro--Mechanical Syst. Inf. Technol.*, pp. 65–69, 2017.
- [5] A. Miranda and L. Rittner, “A simple and efficient Road Detection Algorithm for Real Time Autonomous Navigation based on Monocular Vision,” *2006 IEEE 3rd Lat. Am. Robot. Symp.*, pp. 92–99, 2006.
- [6] S. Zhou and K. Iagnemma, “Self-Supervised Learning Method for Unstructured Road Detection Using Fuzzy Support Vector Machines,” *2010 IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, pp. 1183–1189, 2010.
- [7] S. Bharadwaj, S. Murthy, and G. Varaprasad, “Detection of potholes in autonomous vehicle,” *IET Intell. Transp. Syst. (Vol. 8 , Issue 6 , Sept. 2014)*, no. October 2013, pp. 543–549, 2014.
- [8] J. Lu *et al.*, “A Vehicle Detection Method for Aerial Image Based on YOLO,” *J. Comput. Commun.*, pp. 98–107, 2018.
- [9] D. Kurnianto, “Empat Tipe Dasar Citra Digital.” [Online]. Available: <https://catatanpeneliti.wordpress.com/2013/06/04/empat-tipe-dasar-citra-digital/>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [10] D. Nagataries, S. Hardiristanto, M. H. Purnomo, and A. A. G. Klasik, “Deteksi Objek pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Genetika untuk Studi Kasus Sel Sabit,” *J. Electr. Eng.*, 2012.
- [11] S. Elfouly, “R-CNN (Object Detection).” [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-3a9beddf55a>. [Accessed: 08-Dec-2019].
- [12] S. Sena, “Pengenalan Deep Learning CNN.” [Online]. Available: <https://medium.com/@samuelsena/pengenalan-deep-learning-part-7-convolutional-neural-network-cnn-b003b477dc94>.

- [13] H. Riyadi, “Pengertian Webcam dan Fungsi Webcam.” [Online]. Available: <https://www.nesabamedia.com/pengertian-webcam-dan-fungsi-webcam/>.
- [14] Anonim, “Pengertian Webcam dan Jenisnya.” [Online]. Available: <https://rumahshaleh.com/pengertian-webcam-dan-jenisnya/>.
- [15] Anonim, “Pengertian Bahasa Pemrograman Python dan Kegunaannya.” [Online]. Available: <https://www.advernesia.com/blog/python/pengertian-bahasa-pemrograman-python-dan-kegunaanya/>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [16] Anonim, “TensorFlow.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/TensorFlow>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [17] Anggri Yulio P, “Mengenal OpenCV (Open Source Computer Vision Library).” [Online]. Available: <https://devtrik.com/opencv/mengenal-opencv-open-source-computer-vision-library/>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [18] “VGG Image Annotator.” [Online]. Available: https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/software/via/via_demo.html.
- [19] B. Y. Suprapto, A. Ghaida, H. Hikmarika, and S. Dwijayanti, “Road and Vehicles Detection System Using HSV Color Space for Autonomous Vehicle,” *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 6, no. 1, p. 42, 2020.