

**PENGUNAAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* UNTUK
CONTROL STEERING PADA *AUTONOMOUS VEHICLE***



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

RADIUS TRI RAHARJO

03041181621112

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN
PENGUNAAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* UNTUK
CONTROL STEERING* PADA *AUTONOMOUS VEHICLE



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

RADIUS TRI RAHARJO

03041181621112

Indralaya, 22 Desember 2020

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

**Menyetujui,
Pembimbing Utama**



Ir. Zaenal Husin, M.Sc.
NIP : 195602141985031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Radius Tri Raharjo
NIM : 03041181621112
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 9 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Penggunaan *Convolution Neural Network* untuk *Control Steering* pada *Autonomous 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, 22 Desember 2020



Radius Tri Raharjo

NIM. 03041181621112

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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 : 22/Desember/2020

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah ﷻ atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Penggunaan *Convolution Neural Network* untuk *Control Steering* pada *Autonomous Vehicle*” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya. Tak lupa pula shalawat dan salam kita curahkan kepada Nabi Muhammad ﷺ, keluarga serta para sahabat.

Penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral dan juga spiritual penulis pada akhirnya dapat melaluinya. Maka dari itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
2. Terima kasih kepada Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc. selaku pembimbing utama pada tugas akhir ini.
3. Terima kasih kepada Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku dosen yang juga ikut membimbing dalam tugas akhir ini.
4. Terima kasih kepada Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku dosen yang juga ikut membimbing dalam tugas akhir ini
5. Terima kasih kepada Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. selaku dosen yang juga ikut membimbing dalam tugas akhir ini
6. Terima kasih kepada Bapak Djulil Amri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.

8. Orangtua, keluarga, dan saudara yang telah memberikan dukungan sepenuhnya selama pembuatan usulan proposal skripsi.
9. Kakak-kakak tingkat seperjuangan konsentrasi kendali dan komputer, yaitu Abeng, Ega, Adnan, Nurhasanah, Aldo, Qolbi, Rhedo, Iqbal, dan Aldan.
10. Teman-teman seperjuangan konsentrasi kendali dan komputer, yaitu Hari, Abid, Rizky dan Hendriansyah.
11. Kepada Alia Annisyah, Amd. Keb. yang selalu setia membersamai penulis dari SMA hingga saat sekarang ini.
12. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan usulan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Indralaya, 22 Desember 2020

Radius Tri Raharjo

NIM. 03041181621112

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

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

Nama : Radius Tri Raharjo

NIM : 03041181621112

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:

**Penggunaan *Convolutional Neural Network* untuk *Control Steering* pada
*Autonomoun 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 Indralaya

Pada tanggal : 22 Desember 2020

Yang menyatakan,



Radius Tri Raharjo

NIM. 03041181621112

ABSTRAK**Penggunaan *Convolutional Neural Network* untuk *Steering Control* pada *Autonomous Vehicle***

(Radius Tri Raharjo, 03041181621112, 2020, 110 halaman)

Abstrak- *Autonomous Vehicle* merupakan bentuk teknologi pada kendaraan yang memungkinkan untuk pengendalian sistem *auto pilot* dengan menggunakan kecerdasan buatan. Teknologi dasar yang dimiliki oleh *Autonomous Vehicle* terdiri dari empat teknologi dasar yaitu *motion control*, *modelling*, *map building* dan *path planning*. *Motion control* berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan pada kendaraan yang mana dalam hal ini pengendalinya yaitu *steering control*. Penelitian mengenai *steering control* dilakukan menggunakan berbagai metode. Namun, penelitian yang membahas *steering control* secara *autonomous* masih sangat sedikit, menggunakan data sekunder, dan terbatas oleh tingkat performansi pengujian yang rendah. Oleh karena itu penelitian ini akan mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan metode *convolutional neural network* (CNN). Data yang digunakan adalah data primer yang berupa 1011 gambar yang berasal dari potongan video jalan di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Hasil penelitian ini menunjukkan *convolutional neural network* telah mampu mengendalikan arah kemudi pada *autonomous vehicle* dengan menggunakan rancangan arsitektur model buatan sendiri dan memiliki performansi yang baik dengan tingkat kesalahan (MSE) yang kecil yaitu 89,85. Hasil ini menunjukkan bahwa arsitektur model rancangan sendiri memiliki performansi yang lebih baik dalam proses pengendalian kemudi pada *autonomous vehicle*.

Kata kunci: *Steering Control, Convolutional Neural Network, Arsitektur Model, MSE.*

ABSTRACT

Application of Convolutional Neural Network for Steering Control on Autonomous Vehicle

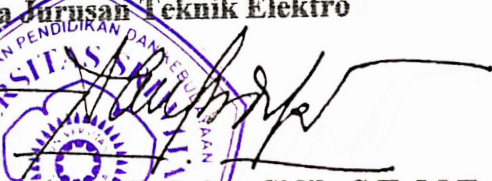
(Radius Tri Raharjo, 03041181621112, 2020,110 pages)

Abstract- Autonomous Vehicle is a form of technology in vehicles that allows for controlling the auto pilot system using artificial intelligence. The basic technology possessed by Autonomous Vehicle consists of four basic technologies, namely motion control, modeling, map building and path planning. Motion control functions to control the direction of movement in a vehicle, which in this case is the steering control. Research on steering control was carried out using various methods. However, there are very few studies that discuss autonomous steering control, use secondary data, and are limited by the low level of test performance. Therefore, this study will overcome this problem by using the convolutional neural network (CNN) method. The data used are primary data in the form of 1011 images from street videos at the Faculty of Engineering, Sriwijaya University. The results of this study indicate that the convolutional neural network has been able to control the steering direction of an autonomous vehicle by using a self-made model architecture design and has good performance with a small error rate (MSE) of 71.76. These results indicate that the design model architecture itself has better performance in the steering control process in an autonomous vehicle.

Keywords: *Steering Control, Convolutional Neural Network, Model Architecture, MSE.*

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Indralaya, 22 Desember 2020

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Ir. Zaenal Husin, M.Sc

NIP : 19840730200812200

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
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	xvi
DAFTAR RUMUS.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Pembatasan Masalah	3
1.5. Keaslian Penelitian.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1 State Of The Art.....	5
2.2 Autonomous Vehicle.....	9
2.3 Komponen Penyusun <i>Autonomous Vehicle</i>	10
2.3.1 Perangkat Kendali (Mikrokontroller).....	10
2.3.2 Motor DC	11
2.3.3 Kamera	12

2.3.4	Akumulator (AKI).....	13
2.4	Metode Pengendalian	14
2.4.1	<i>Convolution Neural Network</i>	14
2.4.2	Preproses Data.....	16
2.4.2.1	<i>Preprocessing</i>	17
2.4.2.2	Normalisasi Min-Max	17
2.4.3	Architecture Neural Network	17
2.4.3.1	<i>Feature Scalling</i>	18
2.4.3.2	<i>Classification</i>	19
2.5	MSE (<i>Mean Square Error</i>)	21
2.6	PWM (Pulse Width Modulation).....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1	Studi Literatur	24
3.2	Perancangan <i>Steering Control</i>	24
3.3	Pengambilan Data	25
3.4	Pengolahan Data.....	26
3.5	<i>Convolution Neural Network (CNN)</i>	26
3.5.1	<i>CNN Architecture</i>	26
3.6	Training Data	27
3.7	Pengujian Hasil Training.....	27
BAB IV PEMBAHASAN.....		28
4.1	Pengumpulan Data dan Pra Pengolahan Data	28
4.2	Proses Training.....	37
4.2.1	Permasalahan pada pengendalian kecepatan dan sudut	38
4.2.2	Proses Pelatihan Arsitektur yang Diusulkan	44
4.3	Pengujian Sistem Kendali Kecepatan dan Sudut pada Lintasan Uji	59
4.4	Pengujian Performansi Sistem Kendali Kecepatan dan Sudut pada driving wheel simulator	64
4.5	Pengujian Kendali Kecepatan dan Sudut <i>Driving Wheel Simulator</i> pada Jalan Lurus dan Berbelok	68

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi bagaimana algoritma LKAS bekerja	5
Gambar 2.2 Perbandingan Pendekatan Tradisional dan <i>End-to-end Learning</i>	6
Gambar 2.3 Perbandingan Arsitektur CNN dan C-LSTM	7
Gambar 2.4 Kurva Gaya Traksi dan Sudut Kemudi Kontrol PID dan BELBIC	8
Gambar 2.5 Ilustrasi Teknologi <i>Autonomous Vehicle</i>	9
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Mikrokontroller	10
Gambar 2.7 Bagian-bagian pada Motor DC	12
Gambar 2.8 Kamera <i>smartphone</i>	13
Gambar 2.9 Bentuk Fisik Akumulator	13
Gambar 2.10 Gambar dibagi menjadi lebih kecil dengan ukuran yang sama.....	14
Gambar 2.11 Ilustrasi proses <i>Max Pooling</i>	16
Gambar 2.12 Arsitektur pada <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	18
Gambar 2.13 Proses <i>Feature Scalling</i>	18
Gambar 2.14 Fungsi Aktivasi <i>Softmax</i>	19
Gambar 2.15 Arsitektur ResNet.....	20
Gambar 2.16 Arsitektur VGG16	21
Gambar 2.17 Pulse Width Modulation dengan Duty Cycle 50%	22
Gambar 3.1. <i>Flow Chart</i> Penelitian	24
Gambar 3.2. Arsitektur <i>Steering Control</i>	25
Gambar 4.1 Grafik Data Kecepatan	31
Gambar 4.2 Grafik Data Sudut.....	32
Gambar 4.3 Perbedaan Rute 1, Rute 2 dan Rute 3	32
Gambar 4.4 Aplikasi Free Video to JPG	33
Gambar 4.5 Lokasi Penyimpanan dan Total Hasil Konversi Video ke JPG	34
Gambar 4.6 Perbandingan Grafik Data Kecepatan dan Data Sudut	34
Gambar 4.7 Perbandingan Grafik Data Kecepatan (a) dan Data Sudut (b)	36
Gambar 4.8 Grafik nilai loss dan accuracy arsitektur VGG-16	39
Gambar 4.9 Grafik nilai Prediksi Sudut VGG-16	39
Gambar 4.10 Grafik nilai Prediksi Kecepatan VGG-16	40
Gambar 4.11 Nilai Prediksi Kecepatan dan Sudut dengan Model VGG-16	40

Gambar 4.12 MSE dan RMSE dari Model VGG-16	41
Gambar 4.13 Grafik nilai loss arsitektur ResNet	42
Gambar 4.14 Grafik nilai Prediksi Sudut ResNet	42
Gambar 4.15 Grafik nilai Prediksi Kecepatan ResNet	43
Gambar 4.16 Nilai Prediksi Kecepatan dan Sudut dengan Model ResNet	43
Gambar 4.17 MSE dan RMSE dari Model ResNet	44
Gambar 4.18 Rancangan Arsitektur Model A	47
Gambar 4.19 Rancangan Arsitektur Model B	48
Gambar 4.20 Rancangan Arsitektur Model C	49
Gambar 4.21 Perintah untuk memulai proses training	50
Gambar 4.22 Proses training	50
Gambar 4.23 Grafik nilai Loss pada Model A	51
Gambar 4.24 Grafik nilai Accuracy pada Model A	52
Gambar 4.25 Grafik nilai Loss pada Model B	52
Gambar 4.26 Grafik nilai Accuracy pada Model B	53
Gambar 4.27 Grafik nilai Loss pada Model C	53
Gambar 4.28 Grafik nilai Accuracy pada Model C	54
Gambar 4.29 Grafik Nilai Prediksi Sudut Model A.....	55
Gambar 4.30 Grafik Nilai Prediksi Kecepatan Model A	56
Gambar 4.31 Grafik Nilai Prediksi Sudut Model B	56
Gambar 4.32 Grafik Nilai Prediksi Kecepatan Model B	57
Gambar 4.33 Grafik Nilai Prediksi Sudut Model C	57
Gambar 4.34 Grafik Nilai Prediksi Kecepatan Model C	58
Gambar 4.35 Gambar Lintasan Data Uji 1	59
Gambar 4.36 Gambar Lintasan Data Uji 2	60
Gambar 4.37 Gambar Lintasan Data Uji 3	60
Gambar 4.38 Proses Unggah Model B ke dalam Python	61
Gambar 4.39 Hasil Pengujian Menggunakan Data Uji 1	61
Gambar 4.40 Hasil Pengujian Menggunakan Data Uji 2	62
Gambar 4.41 Hasil Pengujian Menggunakan Data Uji 3	62
Gambar 4.42 Hasil Log Pengujian Menggunakan Data Uji	63
Gambar 4.43 MSE dan RMSE Pengujian	63

Gambar 4.44 Grafik Target Data Uji	64
Gambar 4.45 Grafik Data Pengujian	65
Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Nilai Target dan Prediksi Data Uji	65
Gambar 4.47 Contoh Hasil Log Pengujian	66
Gambar 4.48 MSE dan RMSE Pengujian	66
Gambar 4.49 Contoh Hasil Log Pengujian dan Simulator	67
Gambar 4.50 MSE dan RMSE Prediksi dan Simulator	67
Gambar 4.51 Grafik Sudut dan Kecepatan data Uji Jalan Lurus.....	68
Gambar 4.52 Grafik Sudut dan Kecepatan data Uji Jalan Berbelok	68
Gambar 4.53 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi Jalan Lurus.....	69
Gambar 4.54 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi Jalan Berbelok	69
Gambar 4.55 Grafik Perbandingan Aktual, Prediksi dan Simulator Jalan Lurus .	69
Gambar 4.56 Grafik Perbandingan Aktual, Prediksi dan Simulator Jalan Belok.	70
Gambar 4.57 Contoh Hasil Log Pengujian dan Simulator pada Jalan Lurus	70
Gambar 4.58 Contoh Hasil Log Pengujian dan Simulator pada Jalan Berbelok.	71
Gambar 4.59 MSE dan RMSE Prediksi dan Simulator Jalan Lurus dan Belok ..	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi data Primer yang diambil.....	26
Tabel 4.1 Jumlah Keseluruhan Data pada Setiap Rute	28
Tabel 4.2 Hasil Rekam Data Logger	29
Tabel 4.3 Hasil Rekam Datalogger dengan Kolom Speed	30
Tabel 4.4 Sampel data speed dan angle rute 1 sebelum dinormalisasi	35
Tabel 4.5 Sampel data speed dan angle rute 1 setelah dinormalisasi	36
Tabel 4.6 Jumlah data dan pembagiannya	37
Tabel 4.7 Rancangan Arsitektur VGG-16	38
Tabel 4.8 Parameter Training Arsitektur VGG-16	38
Tabel 4.9 Rancangan Arsitektur ResNet	41
Tabel 4.10 Parameter Training Arsitektur ResNet	41
Tabel 4.11 Parameter Training Arsitektur yang dirancang sendiri	45
Tabel 4.12 Rancangan Arsitektur Model A B dan C	45
Tabel 4.13 Hasil dari Proses Training	51
Tabel 4.14 Nilai MSE pada Model A, B dan C	58

DAFTAR RUMUS

Lampiran Persamaan Matematis	15
Lampiran Persamaan Diskrit Operasi Convolutional	15
Lampiran Persamaan Fungsi Integral Operasi Convolutional	15
Lampiran Persamaan Fungsi Diskrit Operasi convolutional	15
Lampiran Persamaan Rumus MSE	17
Lampiran Persamaan PWM Frequency	20
Lampiran Persamaan Duty Cycle.....	30
Lampiran Persamaan Keliling Lingkaran	30
Lampiran Persamaan Persamaan RPM	31
Lampiran Persamaan Kecepatan Mobil	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Log Data Hasil Training Menggunakan Model VGG-16.....	71
Lampiran 2 <i>Error</i> Hasil Training Menggunakan Model VGG-16	77
Lampiran 3 Log Data Hasil Training Menggunakan Model ResNet	78
Lampiran 4 <i>Error</i> Hasil Training Menggunakan Model ResNet.....	84
Lampiran 5 Log Hasil Pengujian Model B pada <i>Driving Wheel Simulator</i>	85
Lampiran 6 Error Hasil Pengujian Model B pada Driving Wheel Simulator	88
Lampiran 7 Alat Driving Wheel Simulator.....	89
Lampiran 8 Rangkaian <i>Data Logger</i> Sudut Setir dan Kecepatan.....	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Autonomous Vehicle merupakan bentuk teknologi pada kendaraan yang memungkinkan untuk pengendalian sistem *auto pilot* dengan menggunakan kecerdasan buatan [1]. Kendaraan *auto pilot* masuk kategori kendaraan *autonomous* yang akan mengalami perubahan pengambilan keputusan dari manusia menuju mesin melalui teknologi *artificial intelligent* [2]. Teknologi *artificial intelligent* telah mengembangkan sistem sensor, penyimpanan data maupun sistem pengendali dengan *intelligent control* atau *intelligent mobility* yang memungkinkan *autonomous vehicle* dapat bergerak secara *autonomous* [3]. Teknologi dasar yang dimiliki oleh *Autonomous Vehicle* terdiri dari empat teknologi dasar yaitu *motion control*, *modelling*, *map building* dan *path planning* [4]. *Motion control* memiliki beberapa komponen diantaranya adalah sistem *Steer-by-Wire* yang membuat kemudi mobil bergerak dengan dikendalikan oleh modul kontrol yang menerima *input* dari sensor untuk mengarahkan roda depan menggunakan tenaga listrik [5][6].

Sistem *Steer-by-Wire* pada umumnya tidak terhubung secara mekanis antara kemudi kendaraan dan roda kemudi kendaraan. Karena tidak adanya hubungan secara mekanis, roda kemudi dalam sistem *Steer-by-Wire* tidak akan menerima umpan balik mekanis dari keadaan permukaan jalan [6]. Hal tersebut menyebabkan proses kontrol kemudi memiliki banyak sekali gangguan dari faktor luar dan ketidakpastian sehingga kontrol kemudi secara tradisional kurang efektif [6]. Metode yang sering digunakan dalam pengontrolan kemudi diantaranya yaitu dengan metode pengontrolan *Fuzzy Logic* [7], *Proportional Integral Derivative* (PID) [8] dan pengontrolan menggunakan *Neural Network* (NN) [9][10][11].

Pengendali PID memiliki kekurangan yaitu penyesuaian parameter yang harus sesuai agar mendapatkan kontrol yang akurat. Hal ini dibuktikan dalam penelitian Richardo dan Stefano [8] yang mengontrol kemudi dengan *Nested PID* mengalami kesulitan menyesuaikan parameter yang digunakan karena sistem

kemudinya memerlukan identifikasi secara matematis. Selain menggunakan metode PID dalam pengendalian kemudi terdapat metode lain seperti metode *Fuzzy Logic*. Penelitian lain dilakukan oleh Basjaruddin [7] dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk mengembangkan *steering* dengan *Lane Keeping Assist System* (LKAS). Namun pengontrolan dengan metode ini masih menghasilkan *osilasi* sebesar 18%. Kedua penelitian ini menggunakan sensor *Octocoupler* atau sensor cahaya dan sensor *ultrasonic* sehingga memiliki keterbatasan jika diterapkan pada *Autonomous Vehicle*.

Permasalahan tersebut coba diselesaikan dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Beberapa penelitian terkait metode ini menunjukkan penyelesaian atas masalah yang terjadi. Elise McElhiney, dkk [9] melakukan penelitian *Deep Learning* untuk *Autonomous Vehicle* dalam mengendalikan kontrol kemudi pada lintasan. Selain itu, pengendalian menggunakan *Neural Network* juga dilakukan oleh Junekyo Jhung dan Taewoo Kim [11] pada kontrol kemudi *Self Driving*. Mereka menggunakan metode umpan balik rangkaian tertutup pada kendaraan otomatisnya agar bisa mengenali jalur yang bisa dilalui oleh kendaraan tersebut. Pengendalian dengan metode CNN ini tidak memerlukan identifikasi sistem serta menggunakan gambar dari kamera sebagai *input* yang memiliki jangkauan lebih luas dari sensor *ultrasonic*.

Berdasarkan keunggulan metode CNN, maka pada penelitian ini akan dikembangkan Penggunaan *Convolutional Neural Network* untuk *Control Steering* pada *Autonomous Vehicle*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dijelaskan bahwa pengontrolan kemudi secara otomatis memiliki banyak masalah dan kekurangan yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi. Mengatasi hal tersebut maka digunakan kontrol kemudi menggunakan metode CNN. Penggunaan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dapat mengoptimalkan kinerja kontrol kemudi sekaligus untuk mengurangi tingkat kesalahan pada *Control Steering Autonomuouos Vehicle*. Metode ini mampu

memprediksi arah kemudi secara optimal dengan menggunakan media visual pada jalur yang telah ditentukan. Metode ini bisa mengenali arah jalan yang harus diambil oleh *autonomous vehicle* agar bisa berjalan sesuai pada jalurnya.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang *Control Steering* pada *Autonomous Vehicle* menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN).
2. Menguji performansi *Steering Control Autonomous Vehicle* serta untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan keakuratan program terhadap data uji.

1.4 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat pengendali Arduino Mega.
2. Pemrograman *Convolutional Neural Network* dilakukan dengan software *Python*.
3. Metode pengendalian diaplikasikan pada *Autonomous Vehicle* dengan data yang diolah berupa Kecepatan (*speed*), Sudut (*angle*) dan Gambar.
4. Data gambar pada pengujian diperoleh dari satu kamera yang terletak di bagian depan mobil.
5. Pengujian dilakukan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai metode pengendalian *Autonomous Vehicle* telah dilakukan oleh beberapa peneliti salah satunya penelitian yang dilakukan oleh M. Riccardo, dkk yang mana penelitian ini terfokus pada kontrol kemudi pada sebuah kendaraan menggunakan mikrokontroller Arduino dan metode kontrol PID dengan integral ganda [8].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Basjaruddin dan timnya [7] yang meneliti tentang penerapan *Fuzzy Logic Control* untuk dapat mendukung pengendalian kontrol kemudi pada *Autonomous Vehicle* dan menggunakan algoritma *Lane Keeping Assist System* (LKAS) untuk mengarahkan kendaraan kembali ke jalur yang benar.

Disamping itu sebuah tim dari Indiana University, USA yang terdiri dari Elise McElhiney, dkk [9] melakukan penelitian *End-to-End Deep Learning for Autonomous Vehicle* menggunakan *Neural Network* untuk mengendalikan kontrol kemudi pada lintasan dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari *udacity*.

Pengendalian menggunakan *Neural Network* juga dilakukan oleh Junekeyo Jhung dan Taewoo Kim dalam mengendalikan kontrol kemudi pada *Self Driving Car*. Mereka menggunakan metode umpan balik rangkaian tertutup pada kendaraan otomatisnya agar bisa mengenali jalur yang bisa dilalui oleh kendaraan tersebut [10]. Akan tetapi penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang berupa data gambar sebagai *input*-an.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, penulis memilih untuk melakukan pengendalian *Control Steering* pada *Autonomous Vehicle* menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan data primer untuk pelatihan dan pengujian CNN. Selain itu, data input yang digunakan tidak hanya gambar namun juga kecepatan mobil dan sudut kemudi. Data ini akan dilatih dengan *software Python* untuk meningkatkan kemampuan kendaraan dalam *control steering*. Metode ini akan memprediksi sudut dan kecepatan *Autonomous Vehicles* sehingga ia dapat bergerak sesuai jalur yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Thomas and J. Hedley, "A deep convolutional neural network controlled robot," *Robotics*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [2] F. Itb, "Struktur Visual Ikon Autopilot Panel Instrumen Kendaraan Autonomous," vol. 3, no. 8, 2019.
- [3] A. Amajid *et al.*, "Teknologi Intelegent Mobility," *Teknologi Intelegent Mobil.*, pp. 1–4, 2019.
- [4] S. C. Verma, T. M. Tejaswini, S. Kumar, and K. Kr, "CNN Based Automated Weed Removal Bot using Raspberry Pi 3," no. 89, pp. 3–9, 2019.
- [5] R. M. Yusuf, E. Muhammad, A. Jonemaro, and I. Arwani, "Penerapan Autonomous Vehicle Behavior Pada Permainan Simulasi Ujian Berkendara 3D Menggunakan Metode Steering Behavior," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 11, pp. 4393–4399, 2018.
- [6] J. Michell, "Steer By Wire Feedback." America (USA), p. 9, 2020.
- [7] N. C. Basjaruddin, Kuspriyanto, Suhendar, and S. A. Aryani, "Lane Keeping Assist System Based On Fuzzy Logic," *Proc. - 2015 Int. Electron. Symp. Emerg*, vol. 4, no. 9, pp. 110–113, 2016.
- [8] M. O. Tokhi and Z. Mohamed, "Performance of Hybrid Learning Control With Input Shaping For Input Tracking And Vibration Suppression Of A Flexible Manipulator," 2010 2nd Int. Conf. Mech. Electron. Eng., vol. 44, pp. 41–64, 2007.
- [9] M. G. Bechtel, E. McEllhiney, M. Kim, and H. Yun, "A Low-Cost Deep Neural Network-Based Autonomous Car," in *2018 IEEE International Conference on Acoustics*, pp. 11–21, 2019.
- [10] M. Bojarski *et al.*, "End to End Learning for Self-Driving Cars," pp. 1–9, 2016.
- [11] J. Jhung, I. Bae, J. Moon, T. Kim, J. Kim, and S. Kim, "End-to-End Steering Controller with CNN-based Closed-loop Feedback for Autonomous Vehicles," *IEEE Intell.*, vol. 2, no. 4, pp. 617–622, 2018.
- [12] Z. Chen and X. Huang, "End-To-end learning for lane keeping of self-driving cars," *IEEE Intell.*, no. 4, pp. 1856–1860, 2017.
- [13] H. M. Eraqi, M. N. Moustafa, and J. Honer, "End-to-End Deep Learning for Steering Autonomous Vehicles Considering Temporal Dependencies," no. 8, pp. 1–8, 2017.
- [14] "Brain Emotional Learning Based Intelligent Controller for Velocity Control of an Electro Hydraulic Servo System Brain Emotional Learning Based

- Intelligent Controller for Velocity Control of an Electro Hydraulic Servo System,” *Int. Conf. Inf. Commun.*, no. 5, 2017.
- [15] A. Wirjaputra, “Google Autonomous Car,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 17, no. Pacling, pp. 306–313, 2012.
 - [16] D. Dharmawan, D. S. Naga, and J. Fat, “Perancangan Sistem Start Engine Mobil Menggunakan Fingerprint,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 20, no. 1, p. 82, 2019.
 - [17] J. A. Mohammed, “Pulse Width Modulation for DC Motor Control Based on LM324 1883,” *Eng. &Tech. J.*, vol. 31, no. 10, pp. 1882–1896, 2013.
 - [18] A. Khumaedi, N. Soedjarwanto, and A. Trisanto, “Otomatisasi Pengereman Motor DC Secara Elektris Sebagai Referensi Sistem Keamanan Mobil Listrik,” *Rekayasa dan Teknol. Elektro Otomatisasi*, vol. 8, 2014.
 - [19] R. Dharmadi, “Mengenai Convolutional Neural Network,” 2018. [Online]. Available: <https://medium.com/nodeflux/mengenai-convolutional-neural-network-8bd207ad4a8d>. [Accessed: 03-Mar-2020].
 - [20] U. Michelucci, *Advanced Applied Deep Learning*. 2019.
 - [21] A. H. Pratomo, W. Kaswidjanti, and P. Korespondensi, “Implementasi Algoritma Region of Interest (Roi) untuk Meningkatkan Performa Algoritma Deteksi Dan Klasifikasi Implementation of Region of Interest (Roi) Algorithm To Improve Car Detection and Classification Algorithm,” vol. 7, no. 1, pp. 155–162, 2020.
 - [22] S. G. K. Patro and K. K. sahu, “Normalization: A Preprocessing Stage,” *Iarjset*, pp. 20–22, 2015.
 - [23] S. Das, “CNN Architectures: LeNet, ResNet, VGG, GoogLeNet and ResNet,” 2017. [Online]. Available: <https://medium.com/analytics-vidhya/cnns-architectures-lenet-resnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5>. [Accessed: 28-Feb-2020].
 - [24] N. Chamidah, . W., and U. Salamah, “Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) pada Klasifikasi,” *J. Teknol*, vol. 1, no. 1, p. 28, 2016.
 - [25] M. Loukadakis, “Accelerating Deep Neural Networks on Low Power Heterogeneous Architectures Accelerating Deep Neural Networks on Low Power Heterogeneous Architectures,” vol. 3, no. 7, p.23, 2018.
 - [26] N. Pinckney, “Pulse-Width Modulation For Microcontroller Servo Control,” *IEEE Potentials*, vol. 25, no. 1, pp. 27–29, 2006.
 - [27] L. Chi and Y. Mu, “Learning end-to-end Autonomous Steering Model From Spatial And Temporal Visual Cues,” *VSCC 2017 - Proc. Work. Vis. Anal. Smart Connect. Communities, co-located with MM 2017*, pp. 9–16, 2017.