

SKRIPSI
SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN *AUTONOMOUS*
ELECTRIC VEHICLES* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC



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

Oleh:
DIAH RAHMAH DINI
03041281823097

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERISTAS SRIWIJAYA
2022

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN *AUTONOMOUS*
ELECTRIC VEHICLES* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC



SKRIPSI

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

Oleh :

DIAH RAHMAH DINI

03041281823097

Palembang, 16 Juli 2022

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. **Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM**

NIP. 197108141999031005

NIP. 197502112003121002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Diah Rahmah Dini
NIM : 03041281823097
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 4%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Sistem Kendali Posisi pada Pergerakan *Autonomous Electric Vehicles* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*” 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, 16 Juli 2022



Diah Rahmah Dini

NIM. 03041281823097

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. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM

Tanggal

: 16 / Juli / 2022

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

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

Nama : Diah Rahmah Dini
NIM : 03041281823097
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

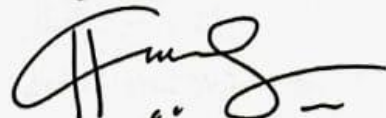
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk Memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN *AUTONOMOUS
ELECTRIC VEHICLES* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC***

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 : 16 Juli 2022

Yang menyatakan,



Diah Rahmah Dini

NIM. 03041281823097

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. Serta shalawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Atas Berkat dan Rahmat-Nya serta dukungan keluarga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Kendali Posisi Pada Pergerakan *Autonomous Electric Vehicles* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*”.

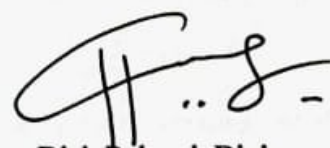
Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM selaku pembimbing utama tugas akhir ini sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi serta memberikan arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
3. Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM, Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc., dan Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T. sebagai dosen Teknik Kendali dan Robotika yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan serta memberikan bimbingan pada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Orang tua serta keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan baik secara moral maupun finansial, serta semangat kepada penulis.
5. Oriza Syahputra, S.T. yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
6. Teman satu tim *autonomous electric vehicle*, Patrick Kusuma Wijaya dan M. Naufal Ghiffari I.

7. Teman Teknik Kendali dan Robotik Angkatan 2018, Mutiyara, Ahmad Rizky Amirulsyah, Darma Sandi, Ahmad Reinaldi Akbar, M. Iqbal, M. Aldaffa Tumaga T., M. Najhan T.P., M. Yevandry Maristratama, dan M. Arif Kurniawan yang telah berjuang bersama, memberikan dukungan dan membantu penulis selama perkuliahan hingga menyusun tugas akhir ini.
8. Kakak tingkat dan adik tingkat konsentrasi Teknik Kendali dan Robotika yang telah banyak membantu penulis dalam menyusun tugas akhir.
9. Teman-teman Klub Robotika UNSRI yang selalu membantu juga menyemangati selama proses penulisan skripsi ini.
10. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Palembang, 16 Juli 2022



Diah Rahmah Dini

NIM. 03041281823097

ABSTRAK

SISTEM KENDALI POSISI PADA PERGERAKAN *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLES* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*

(Diah Rahmah Dini, 03041281823097, 2022, 80 halaman)

Autonomous electric vehicle merupakan sebuah kendaraan otonom yang dirancang agar dapat dikemudikan secara otomatis tanpa ada awak yang mengendalikan. *Autonomous electric vehicle* ini sangat dibutuhkan masyarakat karena dapat mempermudah dalam mengemudikan kendaraan. Untuk itu, diperlukan sebuah sistem pengendalian yang dapat menjadikan *autonomous electric vehicle* berjalan dengan baik. Sistem pengendalian ini dapat menggunakan berbagai metode, salah satunya dengan menggunakan metode *fuzzy*. Pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno untuk mengendalikan posisi pergerakan *autonomous electric vehicle* dengan *input* yang digunakan adalah arah hadap tujuan, posisi tujuan dan jarak target yang dituju dan *output* berupa pergerakan motor. Penelitian ini dilakukan pengujian di dua lokasi yaitu di Universitas Sriwijaya Kampus Palembang dan Kampus Indralaya terhadap *autonomous electric vehicle*. Pada penelitian ini *autonomous electric vehicle* mampu untuk mencapai posisi tujuan dengan *output* pergerakan motor pada *autonomous electric vehicle* yang terbaca sesuai dengan *fuzzy* yang telah dibuat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian menggunakan metode *fuzzy logic* berjalan dengan baik.

Kata kunci : *MPU6050, Ublox Neo M8N, Kendali Posisi, Autonomous Electric Vehicle, Fuzzy Logic.*

ABSTRACT

POSITION CONTROL SYSTEM ON AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLES MOVEMENT USING FUZZY LOGIC METHOD

(Diah Rahmah Dini, 03041281823097, 2022, 80 pages)

Autonomous electric vehicle is an autonomous vehicle designed to be driven automatically without a crew controlling it. Autonomous electric vehicle are very much needed by the community because they can make it easier to drive a vehicle. For this reason, a control system is needed that can make autonomous electric vehicle run properly. This control system can use various methods, one of which is using the fuzzy method. In this study, using the Sugeno fuzzy logic method to control the position of the movement of autonomous electric vehicle with the input used is the direction to the destination, the position of the destination and the distance to the intended target and the output is the movement of the motor. This research was conducted in two locations, namely at Sriwijaya University, Palembang Campus and Indralaya Campus, on autonomous electric vehicle. In this study autonomous electric vehicle were able to reach the destination position with the motor movement output on the autonomous electric vehicle which was read according to the fuzzy that had been created. The results of this study indicate that the control system using the fuzzy logic method works well.

Keywords : MPU6050, Ublox Neo M8N, Position Control, Autonomous Electric Vehicle, Fuzzy Logic.

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 GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvii |
| 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..... | 7 |
| 2.1 <i>State of The Art</i> | 7 |
| 2.2 <i>Autonomous Electric Vehicles</i> | 13 |
| 2.3 <i>Fuzzy Logic</i> | 15 |
| 2.3.1 Perancangan Suatu Sistem Dengan <i>Fuzzy Logic</i> | 15 |
| 2.3.2 Pemodelan <i>Fuzzy Logic</i> Dari Suatu Keadaan | 17 |
| 2.3.3 Sistem Kendali <i>Fuzzy Logic</i> Metode Sugeno | 18 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 20 |
| 3.1 Studi Literatur..... | 21 |
| 3.2 Perancangan Sistem..... | 21 |
| 3.2.1 Perancangan <i>Software</i> | 22 |
| 3.2.2 Perancangan <i>Hardware</i> | 23 |
| 3.2.2.1 Arduino Mega 2560 | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.2.2 Ublox Neo M8N..... | 24 |
| 3.2.2.3 Driver Motor IBT-2 BTS7960 | 24 |
| 3.2.2.4 Modul ESP8266 | 25 |
| 3.2.2.5 <i>Liquid Crystal Display I2C</i> | 25 |
| 3.2.2.6 Motor DC | 26 |
| 3.2.2.7 MPU6050 | 27 |
| 3.3 Pengambilan Data dan Pengujian Sistem | 27 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 30 |
| 4.1 Perancangan Alat..... | 30 |
| 4.2 Pengambilan Data Titik Koordinat dan Rute | 31 |
| 4.3 Fungsi Keanggotaan Sistem <i>Fuzzy Logic</i> | 34 |
| 4.4 Fuzzifikasi | 39 |
| 4.5 <i>Fuzzy Rules</i> | 40 |
| 4.6 Defuzzifikasi | 41 |
| 4.7 Penentuan Target Heading | 42 |
| 4.8 Pengujian Sistem Menggunakan <i>Fuzzy</i> | 42 |
| 4.8.1 Pengujian Lokasi Pertama | 42 |
| 4.8.1.1 Pengujian Sistem Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ | 43 |
| 4.8.1.2 Pengujian Sistem Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ | 46 |
| 4.8.1.3 Pengujian Sistem Terhadap Rute $G \rightarrow F$ | 50 |
| 4.8.1.4 Pengujian Sistem Terhadap Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ | 52 |
| 4.8.1.5 Pengujian Sistem Terhadap Rute $A \rightarrow B$ | 55 |
| 4.8.2 Pengujian Lokasi Kedua | 57 |
| 4.8.2.1 Pengujian Sistem Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya | 57 |
| 4.8.2.2 Pengujian Sistem Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow W \rightarrow U$ Indralaya... | 61 |
| 4.9 Pengujian Sistem | 65 |
| 4.9.1 Lokasi Pertama | 65 |
| 4.9.1.1 Pengujian $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ | 67 |
| 4.9.1.2 Pengujian $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ | 68 |
| 4.9.1.3 Pengujian $G \rightarrow F$ | 70 |
| 4.9.1.4 Pengujian $D \rightarrow C \rightarrow F$ | 71 |
| 4.9.1.5 Pengujian $A \rightarrow B$ | 72 |

| | |
|---|-----------|
| 4.9.2 Lokasi Kedua..... | 75 |
| 4.9.2.1 Pengujian $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya | 76 |
| 4.9.2.2 Pengujian $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow W \rightarrow U$ Indralaya..... | 77 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 80 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 80 |
| 5.2 Saran | 80 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 <i>Flowchart</i> Navigasi dan Pemetaan Robot..... | 7 |
| Gambar 2.2 Robot QuickBot..... | 9 |
| Gambar 2.3 Grafik hasil pengendalian <i>heading</i> sebesar 30-0-30-0 derajat..... | 11 |
| Gambar 2.4 <i>Error</i> pada pengendalian <i>heading</i> | 11 |
| Gambar 2.5 Sensor kamera menghadap ke depan pada kendaraan virtual..... | 12 |
| Gambar 2.6 Teknologi dasar pada <i>Autonomous Electric Vehicles</i> | 14 |
| Gambar 2.7 Blok diagram <i>Fuzzy Logic</i> | 16 |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian..... | 20 |
| Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem..... | 21 |
| Gambar 3.3 Rancangan Peletakan <i>Hardware</i> | 23 |
| Gambar 3.4 Arduino Mega 2560..... | 24 |
| Gambar 3.5 Ublox Neo M8N..... | 24 |
| Gambar 3.6 Driver Motor BTS7960..... | 25 |
| Gambar 3.7 Modul ESP8266..... | 25 |
| Gambar 3.8 LCD I2C 20 x 4..... | 26 |
| Gambar 3.9 Motor DC Gearbox..... | 26 |
| Gambar 3.10 MPU6050 GY521..... | 27 |
| Gambar 3.11 Gambar Lokasi Pengujian Pertama..... | 29 |
| Gambar 3.12 Gambar Lokasi Pengujian Kedua..... | 29 |
| Gambar 4.1 <i>Prototype Autonomous Electric Vehicles</i> | 30 |
| Gambar 4.2 Tampilan <i>Wifi</i> Terhubung..... | 34 |
| Gambar 4.3 Kurva Untuk Variabel Arah Hadap 3 Member..... | 35 |
| Gambar 4.4 Kurva Untuk Variabel Jarak Target 3 Member..... | 36 |
| Gambar 4.5 Kurva Variabel Arah Hadap 5 Member..... | 37 |
| Gambar 4.6 Kurva Variabel Jarak Target 5 Member..... | 38 |
| Gambar 4.7 Hasil Fuzzifikasi Pada Arduino IDE..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ | 67 |
| Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ | 68 |
| Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $G \rightarrow F$ | 70 |
| Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ | 71 |
| Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $A \rightarrow B$ | 73 |
| Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya..... | 76 |
| Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengendalian <i>Heading</i> Terhadap Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya..... | 77 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Kompresi gambar untuk penyimpanan subgambar..... | 10 |
| Tabel 2.2 Hasil pengujian keseluruhan pada kecepatan 80rpm | 13 |
| Tabel 3.1 Fungsi Keanggotaan <i>Input</i> Arah Hadap Kendaraan | 28 |
| Tabel 3.2 Fungsi Keanggotaan <i>Input</i> Jarak Target | 28 |
| Tabel 3.3 Fungsi Keanggotaan <i>Output</i> Pergerakan Motor | 29 |
| Tabel 4.1 Titik Koordinat Rute Pengujian Pertama..... | 31 |
| Tabel 4.2 Rute Pengujian Pertama | 31 |
| Tabel 4.3 <i>Waypoint</i> Rute Pengujian Kedua | 32 |
| Tabel 4.4 Rute Pengujian Kedua..... | 33 |
| Tabel 4.5 Aturan-aturan <i>Fuzzy 5 Membership function</i> | 40 |
| Tabel 4.6 Aturan-aturan <i>Fuzzy 3 Membership function</i> | 41 |
| Tabel 4.7 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ 5 Member | 43 |
| Tabel 4.8 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ 3 Member | 45 |
| Tabel 4.9 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ 5 Member..... | 47 |
| Tabel 4.10 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ 3 Member..... | 48 |
| Tabel 4.11 Data Pengujian Sistem pada Rute $G \rightarrow F$ 5 Member..... | 50 |
| Tabel 4.12 Data Pengujian Sistem pada Rute $G \rightarrow F$ 3 Member..... | 51 |
| Tabel 4.13 Data Pengujian Sistem pada Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ 5 Member | 52 |
| Tabel 4.14 Data Pengujian Sistem pada Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ 3 Member | 54 |
| Tabel 4.15 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B$ 5 Member | 55 |
| Tabel 4.16 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B$ 3 Member | 56 |
| Tabel 4.17 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya 5 Member | 58 |
| Tabel 4.18 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya 3 Member | 59 |
| Tabel 4.19 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow W \rightarrow U$ Indralaya 5 Member | 61 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.20 Data Pengujian Sistem pada Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow W \rightarrow U$ Indralaya 3 Member | 63 |
| Tabel 4.21 Hasil Plot Titik Koordinat dari Rute Pengujian Lokasi Pertama | 65 |
| Tabel 4.22 Hasil Plot Titik Koordinat dari Rute Pengujian Lokasi Kedua..... | 75 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pemrograman Pengiriman Rute Pengujian
- Lampiran 2. Program fuzzifikasi pada Arduino IDE
- Lampiran 3. Program aturan-aturan *fuzzy* pada Arduino IDE
- Lampiran 4. Pemrograman defuzzifikasi pada Arduino IDE
- Lampiran 5. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ 5 Member
- Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ 3 Member
- Lampiran 7. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ 5 Member
- Lampiran 8. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G$ 3 Member
- Lampiran 9. Data Hasil Pengujian Rute $G \rightarrow F$ 5 Member
- Lampiran 10. Data Hasil Pengujian Rute $G \rightarrow F$ 3 Member
- Lampiran 11. Data Hasil Pengujian Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ 5 Member
- Lampiran 12. Data Hasil Pengujian Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ 3 Member
- Lampiran 13. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B$ 5 Member
- Lampiran 14. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B$ 3 Member
- Lampiran 15. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya 5 Member
- Lampiran 16. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ Indralaya 3 Member
- Lampiran 17. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow W \rightarrow U$ Indralaya 5 Member
- Lampiran 18. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow W \rightarrow U$ Indralaya 3 Member
- Lampiran 19. Data Hasil Pengujian Rute $G \rightarrow F$ 7 Member
- Lampiran 20. Hasil Plot Titik Koordinat Rute Pengujian $G \rightarrow F$ 7 Member
- Lampiran 21. Grafik Hasil Pengendalian *Heading* Terhadap Rute $G \rightarrow F$ 7 Member
- Lampiran 22. Data Hasil Pengujian Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ 7 Member
- Lampiran 23. Hasil Plot Titik Koordinat Rute Pengujian $D \rightarrow C \rightarrow F$ 7 Member
- Lampiran 24. Grafik Hasil Pengendalian *Heading* Terhadap Rute $D \rightarrow C \rightarrow F$ 7 Member
- Lampiran 25. Data Hasil Pengujian Rute $A \rightarrow B$ 7 Member
- Lampiran 26. Hasil Plot Titik Koordinat Rute Pengujian $A \rightarrow B$ 7 Member
- Lampiran 27. Grafik Hasil Pengendalian *Heading* Terhadap Rute $A \rightarrow B$ 7 Member

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi terus mengalami perkembangan yang sangat pesat, termasuk bidang otomasi pada kendaraan. Salah satu bentuk otomasi yang dikembangkan pada kendaraan adalah *autonomous electric vehicles*. Otomasi diperlukan karena tingkat kecelakaan yang semakin tinggi akibat faktor kelalaian pengemudi dan keadaan pengemudi yang tidak memungkinkan untuk berkendara, seperti mengantuk dan tidak fokus saat berkendara. Hal inilah yang mendorong berkembangnya kendaraan otonom di Indonesia.

Autonomous electric vehicles sendiri merupakan suatu kendaraan tanpa awak yang dirancang sedemikian rupa dengan tujuan untuk memudahkan pengemudi menjalankan aktivitas sehari-hari seperti melakukan perjalanan ke suatu daerah yang belum pernah dikunjungi atau daerah yang belum dikenal dengan aman dan nyaman. Selain itu, *autonomous electric vehicles* juga banyak dimanfaatkan oleh orang tua dan penyandang disabilitas yang keadaannya tidak memungkinkan untuk mengemudikan kendaraan[1]. *Autonomous electric vehicles* ini diatur agar dapat berjalan secara otomatis tanpa adanya campur tangan dari pengemudi dan juga kendaraan otonom ini dapat meminimalkan terjadinya kecelakaan lalu lintas karena kendaraan otonom ini memiliki berbagai sensor yang dapat mendeteksi serta menghindari objek yang berada di sekitar kendaraan. Selain itu, pada kendaraan otonom biasanya terdapat suatu sistem yang dapat mendeteksi koordinat dan arah dari kendaraan.

Autonomous electric vehicles harus dapat mengacu pada sistem *self-driving*. *Autonomous electric vehicles* dirancang agar dapat Memberikan rasa aman dan nyaman terhadap pengemudi yang sedang berkendara di jalan serta mengurangi tingkat kecelakaan lalu lintas. *Self-driving* adalah kemampuan dari *autonomous electric vehicles* untuk dapat mengendarai dirinya sendiri secara otomatis dan dapat bergerak mengikuti rute atau jalur yang sudah ditentukan sebelumnya. *Autonomous*

electric vehicle membutuhkan sistem kendali posisi agar dapat bergerak sesuai rute atau jalur yang telah ditetapkan.

Pengendalian posisi yang dilakukan secara *autonomous* telah dibahas oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan menggunakan berbagai sensor, seperti *Light Detection and Ranging (LiDAR)*[2], *Global Positioning System (GPS)*[3], sensor *ultrasonic*[4], [5] dan sensor *compass*[3], [5], [6]. Dari segi penggunaan sensor, hasil yang didapatkan oleh sensor LiDAR memiliki hasil yang paling baik dibandingkan dengan GPS, sensor *ultrasonic* dan sensor *compass*. Akan tetapi dari segi ekonomi, sensor LiDAR memiliki harga yang sangat mahal dibandingkan dengan GPS, sensor *ultrasonic* dan sensor *compass*. Dari segi penggunaan, GPS lebih mudah digunakan untuk menentukan titik koordinat, akan tetapi GPS memiliki beberapa kelemahan salah satunya adalah informasi yang diberikan oleh Google Maps API tidak akurat[7]. Demikian pula dengan sensor *ultrasonic* yang juga mudah dalam penggunaannya. Namun, sensor *ultrasonic* ini kurang efektif karena jarak maksimal yang dapat terbaca hanya sejauh 4 meter.

Selain sensor, faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam pengendalian posisi adalah metode yang digunakan. Beberapa penelitian pengendalian secara *autonomous* menggunakan metode *Proporsional Integral Derivative (PID)*[4], *artificial neural network (ANN)*[8], dan *fuzzy logic*[9]. Pengendalian PID merupakan pengontrolan konvensional dengan bentuk matematis yang sangat baik karena dapat mengubah *error* menjadi nol. Namun, PID kurang stabil jika masukan data terlalu banyak dan juga *overshoot* yang terjadi sangat tergantung dengan parameter proporsional, integral dan differensialnya[10]. Demikian pula dengan ANN, yang dapat menghasilkan *output* dengan nilai *error* rendah. Akan tetapi, ANN membutuhkan data *training* cukup banyak agar hasil yang didapatkan optimal.

Berdasarkan kekurangan pada penelitian sebelumnya yang telah diuraikan terhadap sensor dan metode yang digunakan untuk pengendalian posisi secara *autonomous* masih terdapat ketidakakuratan dan ketidakselarasan. Maka, penelitian ini menggunakan *compass* sebagai sistem kendali posisi pada pergerakan *autonomous electric vehicles* dengan menggunakan sistem kendali *fuzzy logic*

sebagai algoritmanya. Metode *fuzzy logic* dapat membantu mengurangi *error* yang terjadi pada pembacaan rute dan arah oleh sensor yang akan digunakan. Selain itu, keunggulan dari sistem kendali *fuzzy logic* adalah konsep perancangan sistem pada metode ini kompleks sehingga lebih mudah diterapkan. Dengan demikian, pada penelitian ini sistem kendali *fuzzy logic* diimplementasikan sebagai sistem kendali posisi pada pergerakan *autonomous electric vehicles* menggunakan sensor *compass* agar mendapatkan hasil yang akurat dan stabil. Sehingga, kestabilan pergerakan pada *autonomous electric vehicles* dapat tercapai saat terjadi perubahan posisi dari lokasi awal ke lokasi tujuan secara otomatis dan akurat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, *autonomous electric vehicles* harus dapat mengendalikan posisinya secara *autonomous* dan stabil dari lokasi awal menuju lokasi tujuan. Akan tetapi kestabilan pergerakan dari *autonomous electric vehicles* dalam melakukan perpindahan posisi pada penelitian-penelitian sebelumnya masih belum efektif dan optimal.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan sistem kendali *fuzzy logic* metode sugeno pada *autonomous electric vehicles* sebagai sistem kendali posisi.
2. Menguji kestabilan pergerakan *autonomous electric vehicles* dalam melakukan perpindahan posisi.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan agar fokus pembahasan pada penelitian ini lebih terarah. Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya.
2. *Autonomous electric vehicle* direpresentasikan dalam bentuk *prototype*.
3. Sensor *gyroscope* yang digunakan yaitu MPU6050 GY521 dan menggunakan GPS Ublox Neo M8N.

4. Metode yang digunakan adalah *fuzzy logic* metode sugeno.
5. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Mega 2560.
6. Pemrograman menggunakan *software* Arduino IDE dengan bahasa pemrograman Arduino.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan terhadap *prototype autonomous electric vehicles* ini memiliki kemiripan komponen maupun metode dengan beberapa penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Aulian Miftahul Fathan, Agung Nugroho Jati dan Randy Erfa Saputra melakukan penelitian pada *autonomous mobile robot* untuk melakukan pemetaan terhadap lingkungan sekitar dengan menggunakan sensor sederhana berupa sensor *ultrasonic* dan sensor *compass* serta menggunakan algoritma berupa algoritma pemetaan. Pada penelitian ini, algoritma pemetaan digunakan agar hasil lingkungan yang telah dijelajahi oleh robot dapat disajikan dalam bentuk informasi yang lebih banyak seperti peta bagi pengguna. Kemudian hasil dari pemetaan ini diolah oleh sensor *compass* agar robot dapat mengetahui dimana keberadaan robot tersebut. Akan tetapi, penelitian ini mempunyai keterbatasan jarak untuk melakukan pemetaan terhadap lingkungan sekitar. Hal ini dikarenakan sensor *ultrasonic* hanya dapat mendeteksi jarak antara 3 cm sampai 400 cm[5].

Selanjutnya penelitian Hajar Omrane, Mohamed Slim Masmoudi, dan Mohamed Masmoudi membahas mengenai pengendalian pada *autonomous mobile robot* yang digunakan untuk navigasi dan menghindari rintangan dengan berbasis *fuzzy logic*. Perangkat yang digunakan untuk menjalankan *mobile robot* ini adalah motor DC, sensor jarak inframerah sebanyak sembilan buah untuk mengukur jarak *mobile robot* ke benda, dan dua buah *encoder optic* yang berfungsi untuk Memberikan posisi dan kecepatan sebenarnya dari robot. Penelitian ini menegaskan bahwa kontribusi utama yang mendorong keberhasilan dalam penelitian tersebut adalah hanya menggunakan satu pengontrolan *fuzzy* saja untuk dapat menavigasi dan melakukan penghindaran terhadap objek atau rintangan yang berada di sekitar

autonomous mobile robot. Namun, penggunaan satu pengendali mengakibatkan hasil terbaik belum dapat dicapai dalam pengimplementasiannya[9].

Penelitian yang dilakukan oleh Mohammad Aldibaja, Noaki Sugama dan Keisuke membahas tentang pemetaan yang dilakukan di Kampus Universitas Kanazawa pada *autonomous vehicles* dengan menggunakan sensor LIDAR agar mendapatkan hasil sebuah peta yang mempunyai definisi tinggi. Peneliti mengusulkan pengimplementasian metode yang andal dan mudah untuk menghasilkan peta definisi tinggi 2D secara global. Penelitian ini menggunakan gambar iridasi yang memungkinkan tingkat intensitas yang sangat halus dari akumulasi gambar. Pengumpulan *frame* LIDAR secara *online* selama mengemudi otonom telah meningkatkan kepadatan dan memungkinkan algoritma pencocokan pemrosesan gambar tingkat tinggi diterapkan untuk lokalisasi. Hasil pembuatan gambar peta pada penelitian ini sudah diuji untuk mengemudi secara otonom dan hasil penelitian menunjukkan kemungkinan terjadinya kesalahan teknis pada pembacaan peta sangat kecil. Akan tetapi, pembacaan gambar peta ini hanya diuji dengan batas kecepatan maksimal 60km/jam[2].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Zaopeng Dong, Tao Bao, Mao Zheng, Xin Yang, Lifei Song, dan Yunsheng Mao membahas mengenai sistem kontrol arah pada *Unmanned Marine Vehicles* (UMV). Penelitian ini menggunakan metode pengontrolan *adaptive fuzzy neural network control algorithm*. Kontribusi utama yang dilakukan pada penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengendalian arah UMV saja, tetapi juga dilakukan sebuah model dinamik terbalik dari kontrol pergerakan UMV untuk menghindari gangguan tidak pasti yang berada di lingkungan kompleks. Hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini sudah sangat baik, yaitu dapat melakukan pengontrolan arah terhadap UMV. Namun, grafik hasil pengujiannya menunjukkan bahwa terdapat ketidakakuratan arah UMV dengan target yang telah ditentukan sebelumnya[11].

Selanjutnya Junekyo Jhung, Il Bae, Jaeyong Moon, Taewoo Kim, Jincheol Kim, dan Shiho Kim. Membahas mengenai pengendalian terhadap *self driving vehicles* menggunakan *neural network*. Untuk dapat mengenali jalur yang dapat dilalui oleh kendaraan tersebut, penelitian ini menggunakan sebuah metode yaitu

umpan balik dengan rangkaian tertutup pada *autonomous vehicles*. Namun, data gambar yang dijadikan sebagai *input* masih merupakan data sekunder [12].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Hecht, "Lidar for Self-Driving Cars," *Opt. Photonics News January 2018*, pp. 28–33, 2018.
- [2] M. Aldibaja, N. Sukanuma, and K. Yoneda, "LIDAR-Data Accumulation Strategy To Generate High Definition Maps For Autonomous Vehicles," *2017 IEEE Int. Conf. Multisens. Fusion Integr. Intell. Syst. (MFI 2017)*, pp. 422–428, 2017.
- [3] A. A. Othman and M. M. H. Mahjoub, "Self Navigated Robot using GPS and Compass," University of Science and Technology, 2017.
- [4] 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>.
- [5] A. M. Fathan, A. N. Jati, and R. E. Saputra, "Mapping algorithm using ultrasonic and compass sensor on autonomous mobile robot," *ICCEREC 2016 - Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy, Commun. 2016, Conf. Proc.*, pp. 86–90, 2017, doi: 10.1109/ICCEREC.2016.7814986.
- [6] I. Mustaqim and Y. I. Hatmojo, "Rancang Bangun Rangkaian Sensor Compass dan Accelerometer Berbasis Mikrokontroler sebagai Modul Praktek Mata Kuliah Sensor dan Transduser," 2018.
- [7] A. Yogta, "Sistem Mapping Pada Autonomous Intelligent Vehicles Dengan Algoritma Fastslam 2.0," *Sriwij. Univ. Institutional Repos.*, pp. 1–4, 2020, [Online]. Available: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>.
- [8] E. N. Budisusila, B. Arifin, S. A. D. Prasetyowati, B. Y. Suprpto, and Z. Nawawi, "Artificial neural network algorithm for autonomous vehicle ultrasonic multi-sensor system," *EECCIS 2020 - 2020 10th Electr. Power, Electron. Commun. Control. Informatics Semin.*, pp. 128–131, 2020, doi:

10.1109/EECCIS49483.2020.9263459.

- [9] H. Omrane, M. S. Masmoudi, and M. Masmoudi, “Fuzzy Logic Based Control for Autonomous Mobile Robot Navigation,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/9548482.
- [10] R. Maerani and S. Bakhri, “Perbandingan Sistem Pengontrolan Pid Konvensional Dengan Pengontrolan Cmac, Fuzzy Logic Dan Ann Pada Water Level Pressurizer,” *SIGMA Epsil. - Bul. Ilm. Teknol. Keselam. Reakt. Nukl.*, vol. 17, no. 3, pp. 129–141, 2013.
- [11] Z. Dong, T. Bao, M. Zheng, X. Yang, L. Song, and Y. Mao, “Heading control of unmanned marine vehicles based on an improved robust adaptive fuzzy neural network control algorithm,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 9704–9713, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2891106.
- [12] 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. Veh. Symp. Proc.*, vol. 2018-June, no. Iv, pp. 617–622, 2018, doi: 10.1109/IVS.2018.8500440.
- [13] A. R. Hakim, Sumardi, and M. A. Riyadi, “Kontrol Posisi Pada Sistem Pergerakan Mobile Robot Roda Mekanum Menggunakan Kontrol Pid Berbasis Invers Kinematic,” *Transient*, vol. 4, no. 3, pp. 463–470, 2015.
- [14] H. Cheng, *Autonomous Intelligent Vehicles*. New York: Springer-Verlag London Limited, 2011.
- [15] M. M and P. Kumar, “Working of Autonomous Vehicles,” *J. Eng. Technol. Manag.*, vol. 6, no. 12, 2019, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/338252710_WORKING_OF_AUTONOMOUS_VEHICLES.
- [16] E. Mahargia, D. Anggraeni P, R. Wandiro S, and Y. Mahzar, “Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno untuk Sistem Pendukung Keputusan Prakiraan Cuaca,” 2013, [Online]. Available: http://wayanfm.lecture.ub.ac.id/files/2014/04/FP_SPK_F_F-2013-2014-Ganjil-.pdf.
- [17] B. Firman, “Implementasi Sensor Imu Mpu6050 Berbasis Serial I2C Pada Self-Balancing Robot,” *J. Teknol. Technoscintia*, vol. 9, no. 1, pp. 18–24,

2016.

- [18] Y. Zein, M. Darwiche, and O. Mokhiamar, “GPS tracking system for autonomous vehicles,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 3127–3137, 2018, doi: 10.1016/j.aej.2017.12.002.