

SKRIPSI
PENGENDALIAN PERGERAKAN MUNDUR SECARA
OTOMATIS PADA *AUTONOMOUS VEHICLE*
DENGAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL*



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

Oleh:

SANDHIKA NOVARIO SHOUMY
03041181924006

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023

LEMBAR PENGESAHAN
PENGENDALIAN PERGERAKAN MUNDUR SECARA
OTOMATIS PADA *AUTONOMOUS VEHICLE*
DENGAN METODE *FUZZY LOGIC CONTROL*



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh:

SANDHIKA NOVARIO SHOUMY

03041181924006

Indralaya, 25 September 2023

Menyetujui

Pembimbing Utama



Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU

NIP. 197108141999031005

Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.

NIP. 197812072002122002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sandhika Novario Shoumy

NIM : 03041181924006

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 1%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Pengendalian Pergerakan Mundur Secara Otomatis Pada *Autonomous Vehicle* dengan Metode *Fuzzy Logic Control*” 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, 25 September 2023




Sandhika Novario Shoumy

NIM. 03041181924006

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 : Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.

Tanggal : 25 / September / 2023

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

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

Nama : Sandhika Novario Shoumy
NIM : 03041181924006
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:

**PENGENDALIAN PERGERAKAN MUNDUR SECARA OTOMATIS
PADA *AUTONOMOUS VEHICLE* DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*
*CONTROL***

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 Indrayala

Pada tanggal : 25 September 2023

Yang menyatakan



Sandhika Novario Shoumy

NIM. 03041181924006

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT serta tidak lupa sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW. Atas berkat, rahmat dan karunia Allah SWT penulis dapat menyelesaikan skripsi "Pengendalian Pergerakan Mundur Secara Otomatis Pada *Autonomous Vehicle* dengan Metode *Fuzzy Logic Control*"

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

1. Ayah dan Ibu, Saudara Farrel dan Saudari Cheryl, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan semangat dan memberikan dukungan baik secara mental, fisik, maupun finansial.
2. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. selaku pencetus dan pengembang ide tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Sariman, MS. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. 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., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Abie, Dimsyiar, Gita, Javen, Regita, dan Rizki selaku rekan kerja yang selalu bersemangat mengerjakan tugas akhir.

8. Rekan – rekan satu angkatan konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer 2019 yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini khususnya.
9. Mita yang juga memberikan support terbaiknya selama penyusunan skripsi.
10. Dan pihak – pihak lain yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Indralaya, 25 September 2023



Sandhika Novario Shoumy

NIM. 03041181924006

ABSTRAK
PENGENDALIAN PERGERAKAN MUNDUR SECARA OTOMATIS
PADA *AUTONOMOUS VEHICLE* DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*
CONTROL

(Sandhika Novario Shoumy, 03041181924006, 2023, 47 Halaman)

Autonomous vehicle merupakan teknologi yang menggunakan sistem *self-driving*. *Self-driving* merupakan salah satu jenis kontrol *autonomous car* yang berfungsi memudahkan manusia dalam berkendara secara otomatis tanpa campur tangan pengemudi. Salah satu hal penting dalam sistem *self-driving* adalah pergerakan mobil. Salah satu pergerakan mobil *self-driving* adalah pergerakan mundur secara otomatis. Pada penelitian ini, sistem pergerakan mundur secara otomatis pada *autonomous vehicle* menggunakan metode *fuzzy* dengan output PWM motor DC sebagai motor penggerak. Kecepatan motor DC akan diatur dengan menggunakan *fuzzy logic control* yang terdiri dari 3 *membership* dan 5 *membership* sebagai pembanding sistem dengan sensor ultrasonik sebagai input jarak yang terdiri dari 3 *membership* dan 5 *membership* sebagai pembanding sistem. Dari data yang diperoleh, dapat diketahui kecepatan tertinggi motor DC pada 3 *membership* adalah 187 PWM dan kecepatan tertinggi motor DC pada 5 *membership* adalah 207 PWM. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *fuzzy* dapat mengatur kecepatan dengan baik.

Kata Kunci : *Autonomous Vehicle, Fuzzy Logic Control, Motor DC*

ABSTRACT

CONTROLLING AUTOMATIC REVERSE MOVEMENT IN AUTONOMOUS VEHICLE USING THE FUZZY LOGIC CONTROL METHOD

(Sandhika Novario Shoumy, 03041181924006, 2023, 47 Pages)

Autonomous vehicle is a technology that uses a self-driving system. Self-driving is a type of autonomous car control that functions to make it easier for humans to drive automatically without driver intervention. One of the important things in a self-driving system is the movement of the car. One of the movements of a self-driving car is automatic reverse movement. In this research, the automatic reverse movement system on an autonomous vehicle uses the fuzzy method with the PWM output of a DC motor as the driving motor. The speed of the DC motor will be regulated using fuzzy logic control which consists of 3 memberships and 5 memberships as a comparison system with an ultrasonic sensor as distance input which consists of 3 memberships and 5 memberships as a comparison system. From the data obtained, it can be seen that the highest speed of a DC motor on 3 memberships is 187 PWM and the highest speed of a DC motor on 5 memberships is 207 PWM. The results of this research show that the fuzzy system can regulate speed well.

Key Words : Autonomous Vehicle, Fuzzy Logic Control, Motor DC

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>State of the Art</i>	5
2.2. Autonomous Vehicle.....	16
2.3. Fuzzy Logic Control	17
2.4. Sensor Ultrasonik	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23

3.1. Studi Literature	23
3.2. Perancangan Sistem	24
3.2.1. Perancangan Hardware.....	25
3.2.2. Perancangan Program.....	27
3.3. Pengujian Sistem	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Perancangan Alat	30
4.2. Pengujian Sistem Pergerakan Mundur.....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Rule-base Fuzzy TS</i>	6
Gambar 2.2 Diagram Pengikatan Lintasan Nominal ke Rencana Lingkungan P_k	7
Gambar 2.3 Diagram untuk Menentukan Panjang Lintasan dan Sudut <i>Heading</i>	8
Gambar 2.4 Denah Ruangan dan Lintasan Gerak	9
Gambar 2.5 Keadaan Kendaraan Tiga Dimensi.....	10
Gambar 2.6 Model Bus GAZ-A65R32 dengan Sensor.....	12
Gambar 2.7 Lingkungan Simulasi untuk Menguji Parkir Otomatis	13
Gambar 2.8 Lingkungan Simulasi untuk Pengujian di Lingkungan Acak.....	13
Gambar 2.9 Ilustrasi Operasi Algoritma Saat Parkir Mundur	15
Gambar 2.10 Struktur <i>Fuzzy Logic Control</i>	17
Gambar 2.11 Linear Naik.....	18
Gambar 2.12 Linear Turun.....	18
Gambar 2.13 Kurva Trapesium.....	19
Gambar 2.14 Kurva Segitiga.....	19
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	23
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Sistem	24
Gambar 3.3 Simbol dan Bentuk Motor DC	26
Gambar 3.4 Mikrokontroler Arduino.....	26
Gambar 3.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04	27
Gambar 3.6 Sistem Kontrol <i>Fuzzy</i> Pergerakan Mundur	28
Gambar 4.1 <i>Prototype Autonomous Vehicle</i>	30
Gambar 4.2 Kurva Bahu <i>Input Variable</i> Jarak Sensor Ultrasonik 1(a) Kurva Bahu <i>Input Variable</i> Jarak Sensor Ultrasonik 2(b) Kurva Bahu <i>Input Variable</i> Jarak Sensor Ultrasonik 3(c).....	32
Gambar 4.3 Kurva Bahu <i>Output Variable</i> PWM Motor DC 12 Volt	33
Gambar 4.4 Diagram Blok Kendali <i>Fuzzy</i>	34
Gambar 4.5 Koding <i>Fuzzy</i> Arduino IDE.....	36

Gambar 4.6 Simulasi <i>Output Fuzzy</i> pada MATLAB	36
Gambar 4.7 Grafik Data Hasil Percobaan 3 <i>Membership</i>	38
Gambar 4.8 <i>Obstacle</i> Tutup Plastik	38
Gambar 4.9 Grafik Data Hasil Percobaan 5 <i>Membership</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Runtime</i> dari Algoritma Perencanaan Jalur untuk Lingkungan Simulasi dengan Lingkungan Acak [1].....	14
Tabel 2.2 Statistik Mengatasi Jalur di Sepanjang Jalur <i>Polyline</i> [1].....	14
Tabel 2.3 Metode <i>Fuzzy Logic Control</i> [2].....	21
Tabel 3.1 <i>Membership Function Input</i> Sensor Ultrasonik.....	28
Tabel 3.2 <i>Membership Function Output</i> Kecepatan Motor DC.....	28
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian 3 <i>Membership</i>	37
Tabel 4.2 <i>Membership Function Input</i> Sensor Ultrasonik 5 <i>Membership</i>	39
Tabel 4.3 <i>Membership Function Output</i> Kecepatan Motor DC.....	39
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian 5 <i>Membership</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode program *fuzzy 3 membership* pada Arduino IDE

Lampiran 2. Kode program *fuzzy 5 membership* pada Arduino IDE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi saat ini sudah sangat berkembang, terutama dalam bidang transportasi. Salah satu transportasi yang mengalami banyak perkembangan adalah mobil. Teknologi pada mobil tersebut telah mencapai ke tingkatan yang dapat mengurangi kesalahan yang terjadi akibat *human error* dengan cara pengembangan yang mengarah ke otomatisasi kendaraan atau biasa dikenal dengan *autonomous vehicle* [3]. Di antara berbagai kendaraan cerdas, *autonomous vehicle* mengacu pada kendaraan yang menggunakan otomatisasi untuk navigasi tanpa input manusia. *Autonomous vehicle* merupakan teknologi yang menggunakan sistem *self-driving* [3]. *Self-driving* merupakan salah satu jenis kontrol *autonomous car* yang berfungsi memudahkan manusia dalam berkendara secara otomatis tanpa campur tangan pengemudi. *Self-driving* berguna ketika pengemudi mengalami kondisi-kondisi tertentu yang harus melepaskan kemudi seperti mengangkat telpon, mengambil sesuatu di dashboard, dan lain sebagainya [4]. Salah satu hal penting dalam sistem *self-driving* adalah pergerakan mobil.

Pergerakan mobil sendiri memiliki 2 jenis, yaitu pergerakan maju dan mundur. Pergerakan mundur mobil umumnya biasa digunakan saat pengemudi ingin memarkirkan mobilnya atau ada halangan di depan yang tidak memungkinkan untuk mobil tersebut berbelok.

Dalam beberapa tahun terakhir, dengan perkembangan ekonomi dan kepemilikan mobil meningkat, terjadilah peningkatan jumlah kecelakaan lalu lintas pada saat mundur. Karena pengemudi mobil memiliki *blindspot* saat mundur, pengemudi tidak memiliki penglihatan yang jelas tentang halangan yang ada di belakang kendaraan, kesalahan operasional dan alasan lainnya, yang membuat sering terjadi kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sistem pencegahan kecelakaan yang proaktif untuk sistem kontrol pada saat mobil berjalan mundur [5].

Sistem kontrol memiliki peranan yang sangat penting pada sistem pergerakan mundur mobil secara otomatis. Ada beberapa sistem kontrol yang dapat digunakan pada sistem pergerakan mundur mobil secara otomatis seperti kendali PID, dan logika samar atau *fuzzy logic control* (FLC). Pada penelitian navigasi pergerakan mundur yang menggunakan sistem *machine relative map* (MRM) [6] memiliki keunggulan sistem yang dapat membuat *mapping* secara otomatis setelah kendaraan melakukan pergerakan maju dan memiliki akurasi yang tinggi. Namun, metode MRM menggunakan rumus yang lumayan rumit. Pada penelitian lain yang membahas tentang *trajectory planning technique* termasuk pergerakan mundur yang lebih kearah parkir otomatis sesuai dengan perencanaan jalur yang telah diatur [1]. Keunggulan dari penelitian ini yaitu aman untuk diterapkan di kehidupan, lebih tepatnya sistem parkir otomatis. Namun kendaraan tidak dapat menavigasi jalur diskrit yang akan dideteksi oleh perencana jalur dekomposisi seluler dan menggunakan beberapa metode untuk membuat pendekatan gabungan. Dari semua metode, masing-masing sistem kontrol memiliki nilai kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Masalah yang sering terjadi pada saat melakukan pergerakan mundur pada kendaraan adalah terjadinya tabrakan dengan objek yang ada di belakang kendaraan yang dimana itu merupakan *blindspot* bagi pengemudi. Sehingga penelitian ini dimaksudkan untuk mencari solusi agar berkurangnya resiko kecelakaan pada saat melakukan pergerakan mundur pada kendaraan dengan berbasis sensor yang dapat mendeteksi dan mengatur kecepatan dari kendaraan tersebut sehingga mengurangi resiko kecelakaan.

Pada penelitian ini telah dipilih *fuzzy logic control* (FLC) sebagai sistem kendali pergerakan mundur otomatis pada *autonomous vehicle* yang telah dirancang. Dikarenakan *fuzzy logic control* mudah untuk dipakai, karena proses penalarannya secara bahasa (*linguistic reasoning*), sehingga dalam perancangannya tidak perlu lagi persamaan matematik dari objek yang dikendalikan. Penelitian ini dilakukan karena belum adanya penelitian yang mengaplikasikan *fuzzy logic*

control pada sistem pergerakan mundur mobil secara otomatis pada *autonomous vehicle*.

1.2. Rumusan Masalah

Autonomous vehicle merupakan kendaraan yang mengacu pada otomatisasi tanpa campur tangan manusia, salah satunya adalah sistem pergerakan mundur secara otomatis. Dengan adanya sistem pergerakan mundur secara otomatis yang terintegrasi dengan berbagai sensor dan sistem kontrol, *autonomous vehicle* dapat bekerja lebih optimal dan meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan. Saat ini, metode yang diterapkan hanya pergerakan maju secara otomatis pada *autonomous vehicle* tetapi belum menerapkan sistem pergerakan mundur secara otomatis dan hanya terbatas di jalanan terstruktur yang memiliki sedikit *obstacle*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan sistem pergerakan mundur untuk mendeteksi dan mengatur kecepatan kendaraan untuk menghindari *obstacle* dan mampu menyesuaikan berdasarkan kondisi *realtime* dengan menggunakan algoritma *fuzzy logic control* (FLC).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan unjuk kerja sistem kontrol pergerakan mundur secara otomatis pada *autonomous vehicle* berbasis *fuzzy logic control* (FLC).

1.4. Batasan Masalah

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

1. *Autonomous vehicle* beroperasi di kampus UNSRI.
2. Menggunakan metode *fuzzy logic control* (FLC) mamdani untuk pergerakan mundur secara otomatis dengan menggunakan platform Arduino.
3. Mesin penggerak yang digunakan pada *autonomous vehicle* berupa motor dc 12 volt.

1.5. Keaslian Penelitian

Penelitian yang membahas mengenai algoritma *fuzzy logic control* (FLC) sudah banyak dilakukan pada sistem kendali, robot dan lain sebagainya. Namun secara spesifik belum ada penelitian mengenai pergerakan mundur secara otomatis pada *autonomous vehicle* yang mengimplementasikan algoritma *fuzzy logic control* (FLC). Tetapi sudah banyak pengimplementasian algoritma *fuzzy logic control* (FLC) terhadap penelitian lain seperti yang diteliti oleh Ishaya Emmanuel [7] yang membahas tentang Kontrol Berbasis Logika Fuzzy untuk Kendaraan Otonom: Sebuah Survei.

Selanjutnya penelitian yang membahas tentang kontrol logika fuzzy dari pendulum terbalik pada gerobak yang diteliti oleh Ahmad Ilyasa Roose, dkk [8].

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh M. Rachkov dan S. Petukhov [6] yang membahas tentang navigasi pergerakan mundur dari *autonomous vehicle*. Hasil percobaan menunjukkan akurasi yang relatif tinggi dalam menentukan vektor keadaan yang memberikan gerakan mundur relatif terhadap lintasan referensi dengan kesalahan yang dapat diterima secara praktis saat kendaraan kembali ke titik awal.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh A. A. Sinodkin, dkk [1] yang membahas tentang metode untuk membangun jalur gerak global dan merencanakan rute untuk kendaraan yang dapat mengemudi sendiri. Berdasarkan hasil simulasi, akurasi posisi kendaraan pada lingkungan dengan lingkungan acak berkisar antara 50 hingga 250 mm dan pada lingkungan dengan ruang parkir antara 50 hingga 105 mm. Keakuratan simulasi dapat dianggap memuaskan untuk berkendara yang aman dalam kondisi nyata, dan parkir otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Sinodkin, T. S. Evdokimova, and M. I. Tiurikov, "A method for constructing a global motion path and planning a route for a self-driving vehicle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1086, no. 1, p. 012003, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1086/1/012003.
- [2] Y. A. Almatheel and A. Abdelrahman, "Speed control of DC motor using Fuzzy Logic Controller," *Proc. - 2017 Int. Conf. Commun. Control. Comput. Electron. Eng. ICCCCEE 2017*, 2017, doi: 10.1109/ICCCCEE.2017.7867673.
- [3] D. Muliadi, "Universitas Sumatera Utara 7. Pengetahuan Ibu.," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 7–37, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/13717>
- [4] 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.
- [5] Y. Sun, L. Lv, S. Zhu, T. Dai, F. Zhao, and J. Song, "Research and Design of Car Active Reversing Safety Control System," no. Mmehc, pp. 314–320, 2016, doi: 10.2991/mmehc-16.2016.65.
- [6] M. Rachkov and S. Petukhov, "Navigation of the autonomous vehicle reverse movement," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 315, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/315/1/012019.
- [7] I. Emmanuel, "Fuzzy Logic-Based Control for Autonomous Vehicle: A Survey," *Int. J. Educ. Manag. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 41–49, 2017, doi: 10.5815/ijeme.2017.02.05.
- [8] A. I. Roose, S. Yahya, and H. Al-Rizzo, "Fuzzy-logic control of an inverted

pendulum on a cart,” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 61, pp. 31–47, 2017, doi: 10.1016/j.compeleceng.2017.05.016.

[9] A. Faisal, T. Yigitcanlar, G. Currie, S. Journal, L. Use, and T. Yigitcanlar, “Understanding autonomous vehicles Linked references are available on JSTOR for this article : Understanding autonomous vehicles : A systematic literature re- view on capability , impact , planning and policy,” *J. Transp. Land Use*, vol. 12, no. 1, pp. 45–72, 2019.

[10] S. Campbell *et al.*, “Sensor Technology in Autonomous Vehicles : A review,” *29th Irish Signals Syst. Conf. ISSC 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ISSC.2018.8585340.