

**KONTROL HEADING DAN TRAYEKTORI ROBOT
MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC PADA
AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE**

TUGAS AKHIR



DISUSUN OLEH:

ILHAM JUNIUS ANGKOTASAN

09011281520089

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
JURUSAN SISTEM KOMPUTER
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**KONTROL HEADING DAN TRAYEKTORI ROBOT MENGGUNAKAN
METODE FUZZY LOGIC PADA AUTONOMOUS UNDERWATER
VEHICLE**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**

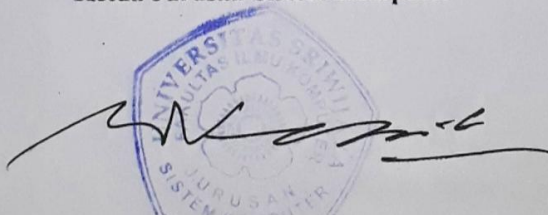
Oleh :

**ILHAM JUNIUS ANGKOTASAN
09011281520089**

Indralaya, Juli 2020

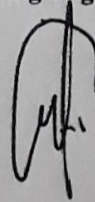
Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir



Ahmad Zarkasi, M.T
NIP.197908252013071201

HALAMAN PERSETUJUAN

Pada hari Jumat 10 Juli 2020 telah dilaksanakan ujian sidang tugas akhir oleh Sarjana Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Ilham Junius Angkotasan

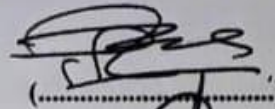
NIM : 09011281520089

Judul : Kontrol Heading dan Trayektori Robot Menggunakan Metode
Fuzzy Logic Pada Autonomous Underwater Vehicle(AUV)

Tim Penguji :

1. Ketua

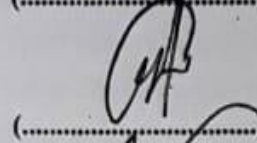
Rendyansyah, M.T.



(.....)

2. Sekretaris

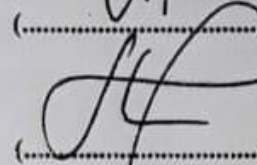
Ahmad Zarkasi, M.T



(.....)

3. Penguji I

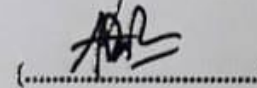
Huda Ubaya, M.T.



(.....)

4. Penguji II

Aditya Perdana Putra P, M.T



(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ilham Junius Angkotasana
NIM : 09011281520089
Jurusan : Sistem Komputer
Judul : Kontrol Heading dan Trayektori Robot Menggunakan
Metode *Fuzzy Logic* Pada Autonomous Underwater
Vehicle(AUV)

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 8 %

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil *penjiplakan/plagiat*. Apabila ditemukan unsur *penjiplakan/plagiat* dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Indralaya, Juli 2020



Ilham Junius Angkotasana
NIM. 09011281520089

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Tidak ada gunanya IQ anda tinggi namun malas, tidak memiliki disiplin. Yang penting adalah anda sehat dan mau berkorban untuk masa depan yang cerah” – BJ.Habibie

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

- *Kedua Orang tua dan Adik saya*
- *Dosen Pembimbing dan Penguji*
- *Sahabat – sahabat saya*
- *Teman Seperjuangan Sistem Komputer 2015*
- *Almamaterku*

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamin Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul “Kontrol Heading dan Trayektori Robot menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Autonomous Underwater Vehicle(AUV)” di susun untuk memenuhi sebagian persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis menyadari keterbatasan dan kelemahan yang ada dalam menyelesaikan tesis ini sehingga penulis ingin meyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini, kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir penulisan ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Kedua orang tua beserta keluarga yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi dan semanga.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd, M.T. selaku dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T., sebagai Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ahmad Zarkasi, M.T. selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, lab penelitian, bantuan serta saran dan kritiknya dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Dosen-dosen pengajar yang telah memberikan ilmu bermanfaat kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

7. Mba Winda Kurnia Sari selaku Administrator Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberi kemudahan dalam pengurusan administrasi.
8. Seluruh teman-teman Jurusan Sistem Komputer Angkatan 2015 yang telah membantu dan memberikan semangat pada masa-masa perkuliahan.
9. Semua pihak yang telah memberi dukungan kepada penulis dan tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik dari isi maupun susunan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Indralaya, Juli 2020

Penulis

**KONTROL HEADING DAN TRAYEKTORI ROBOT MENGGUNAKAN
METODE FUZZY LOGIC CONTROL PADA AUTONOMOUS
UNDERWATER VEHICLE (AUV)**

Ilham Junius Angkotasari (09011281520089)
Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya
E-mail : ilhamjunius712@gmail.com

ABSTRAK

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) adalah salah satu jenis robot kapal selam tak berawak yang memiliki banyak kegunaan. Pada sistem navigasi robot otonom yang menjadi poin penting adalah bagaimana cara memandu gerakan robot kapal selam dari satu posisi ke posisi lain melalui penentuan posisi dan arah gerakan. Karena beberapa faktor gangguan seperti arus dan gelombang air laut membuat gerakan robot AUV menjadi tidak stabil. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem kontrol untuk mengerjakan robot sehingga robot selalu menghadap ke arah yang diinginkan agar robot bisa bergerak maju hingga mencapai lokasi tujuan. Dalam tugas akhir ini, heading kontrol sistem akan dirancang menggunakan metode fuzzy Takagi Sugeno untuk menentukan arah pergerakan robot dengan mengontrol gerak sudut rotasi (yaw).

Kata Kunci: Autonomous Underwater Vehicle (AUV), Fuzzy Logic Control, Sistem Navigasi.

**HEADING CONTROL AND TRAYECTOR ROBOT USING FUZZY
LOGIC METHOD IN AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE (AUV)**

Ilham Junius Angkotasana (09011281520089)

*Dept. of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University*

E-mail : ilhamjunius712@gmail.com

ABSTRACT

Autonomous underwater vehicles (AUV) are a type of unmanned submarine robot that has many uses. The navigation system in an autonomous robot becomes an important point to guide the movement of submarine robots from one position to another through determining the position and direction of movement. Due to several interference factors such as currents and ocean waves, the movement of the AUV robot becomes unstable. Therefore we need a control system for robot movement so that the robot always faces the coordinates of the location so that AUV can move forward until it reaches the destination location. In this paper, the post control system will be designed using the Takagi Sugeno fuzzy method to determine the direction of movement of the robot by controlling the rotation angle (yaw).

Keywords: Autonomous Underwater Robot (AUV), fuzzy logic controller, Navigation System.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Robot Bawah Air	5
2.2 Mikrokontroller	5
2.2.1 Daya(Power)	8
2.2.2 Memori	9
2.2.3 Input/Output	9
2.3 Haversine Formula	10
2.4 GPS	11
2.5 Modul GPS U-Blox Neo M8N	13
2.6 Sensor IMU GY-25	14

2.7	1060 <i>Brushed</i> ESC	14
2.8	Motor DC	15
2.9	<i>Fuzzy</i> Logic	15
	2.9.1 Fungsi Keanggotaan.....	17
	2.9.1.1 Kurva Linear	17
	2.9.1.1.1 Kurva Linear Naik.....	17
	2.9.1.1.2 Kurva Linear Turun.....	18
	2.9.1.1.3 Kurva Linear Segitiga	18
	2.9.2 <i>Fuzzifikasi</i>	19
	2.9.3 <i>Rule Base</i>	20
	2.9.4 Evaluasi Aturan(<i>Inference</i>)	20
	2.9.5 <i>Defuzzifikasi</i>	21
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Pendahuluan	22
3.2	Kerangka Kerja	22
3.3	Konsep Perancangan Sistem	23
3.4	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	25
	3.4.1 Desain Skematik AUV	25
	3.4.2 Desain Skematik Modul GPS	26
	3.4.3 Desain Skematik Sensor IMU	26
	3.4.4 Desain Skematik Driver Motor ESC	28
3.5	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	28
	3.5.1 Algoritma Modul GPS	29
	3.5.2 Algoritma Sensor IMU.....	29
	3.5.3 Algoritma Fuzzy	30
	3.5.3.1 <i>Fuzzifikasi</i>	30
	3.5.3.2 <i>Inference (Rule Base)</i>	34
	3.5.3.3 <i>Defuzzifikasi</i>	35
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Pendahuluan	37

4.2	Pengujian Hardware	37
4.2.1	Pengujian Modul GPS	37
4.2.2	Pengujian Sensor IMU	43
4.2.3	Pengujian Driver Motor ESC	45
4.3	Pengujian <i>Software</i>	46
4.3.1	Pengujian <i>Fuzzy</i>	46
4.3.1.1	Pengujian Fuzzy Secara Manual	46
4.3.1.2	Pengujian Simulasi dan Validasi Data	52
4.4	Pengujian AUV	56
4.4.1	Pengujian Gerak ke Kanan	57
4.4.2	Pengujian Gerak ke Kiri	59
4.4.3	Pengujian Berdasarkan Titik Tuju	61
BAB V. KESIMPULAN		66
5.1	Kesimpulan	66
5.1	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Pin pada Arduino Mega 25606
Gambar 2.2	Modul GPS U-blox Neo M8N13
Gambar 2.3	Sensor IMU GY-25.....14
Gambar 2.4	Driver motor <i>Brushed</i> ESC 1060.....15
Gambar 2.5	Motor DC.....15
Gambar 2.6	Blok Diagram Logika Fuzzy16
Gambar 2.7	Representasi Kurva Linear Naik.....17
Gambar 2.8	Representasi Kurva Linear Turun.....18
Gambar 2.9	Representasi Kurva Segitiga.....19
Gambar 2.10	Fungsi Keanggotaan <i>Singleton</i>21
Gambar 3.1	Bagan Kerangka Kerja.....23
Gambar 3.2	Flow Chart Perancangan Sistem.....24
Gambar 3.3	Desain Skematik AUV25
Gambar 3.4	Desain Skematik Modul GPS26
Gambar 3.5	Desain Skematik Sensor IMU27
Gambar 3.6	Desain Skematik Motor Driver.....28
Gambar 3.7	Flow Chart Modul GPS29
Gambar 3.8	Flow Chart Sensor IMU.....30
Gambar 3.9	Fungsi Keanggotaan Error Sudut.....31
Gambar 3.10	Fungsi Keanggotaan Jarak32
Gambar 3.11	Pseudo Code algoritma Sensor IMU dan GPS.....33
Gambar 3.12	Pseudo Code Rule Base35
Gambar 3.13	Fungsi Keanggotaan Singleton36
Gambar 3.14	Pseudo code <i>Defuzzifikasi</i>36
Gambar 4.1	Grafik Hasil Sampling Modul GPS38
Gambar 4.2	Ilustrasi Pengujian Sensor IMU.....43
Gambar 4.3	Perbandingan Nilai Sudut IMU dengan Kompas Analog.....44
Gambar 4.4	Perbesaran Perbandingan Nilai Sudut IMU dengan Kompas Analog.....44
Gambar 4.5	Tampilan Interface Program Fuzzy52

Gambar 4.6	Hasil Program Fuzzy	53
Gambar 4.7	Grafik perbandingan pada PWM motor Kiri	55
Gambar 4.8	Grafik perbandingan pada PWM motor Kanan	56
Gambar 4.9	Hasil Pengujian Gerak ke Kanan pada Program.....	58
Gambar 4.10	Hasil Pengujian Gerak ke Kiri pada Program.....	60
Gambar 4.11	Tampilan Interface Program AUV	62
Gambar 4.12	Titik Tuju Robot ,Jarak dan Sudut yang Dibentuk	62
Gambar 4.13	Hasil Pengujian menggunakan aplikasi C#	64
Gambar 4.14	Grafik Kecepatan PWM Motor Kiri dan Kanan.....	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Keterangan Pin Arduino Mega 2560 R36
Tabel 2.2	Deskripsi <i>Arduino Mega</i> 8
Tabel 2.3	Keterangan Format NMEA 12
Tabel 3.1	Rule Base Motor Kanan 34
Tabel 3.2	Rule Base Motor Kiri 34
Tabel 4.1	Hasil Presisi Nilai Latitude Modul GPS..... 39
Tabel 4.2	Hasil Sampling Longitude Modul GPS..... 40
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Modul GPS..... 42
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Sensor IMU 43
Tabel 4.5	Hasil Presisi pada Sensor IMU..... 45
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Driver Motor 46
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Fuzzy 54
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Gerak ke Kanan..... 58
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Gerak ke Kiri 60
Tabel 4.10	Hasil Pengujian AUV 63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat khususnya dalam bidang robot dapat mempermudah banyak pekerjaan manusia. Banyak model robot yang dikembangkan oleh para peneliti. Auv merupakan salah satu kendaraan atau robot bawah air yang banyak menarik minat para peneliti dalam beberapa tahun terakhir[1]. Sistem navigasi menjadi bagian terpenting pada autonomous underwater robot agar robot mampu bekerja secara mandiri. Sistem navigasi pada autonomous robot dapat diartikan sebagai suatu kemampuan untuk memandu pergerakan dari suatu posisi ke posisi lain yang dituju melalui penentuan posisi dan arah gerakannya[2]

Pengembangan sistem navigasi pada auv yaitu pada pembuatan sistem kontrol dari auv agar dapat selalu menghadap koordinat lokasi yang dituju sehingga auv dapat bergerak maju ke depan akan sampai pada lokasi yang dituju. Parameter yang harus dikendalikan agar arah auv stabil menghadap koordinat lokasi yang dituju adalah dengan mengatur sudut putar sumbu vertikal (yaw) atau disebut sebagai heading control[3]. Namun adanya gangguan dari arus dan gelombang air laut membuat pergerakan robot menjadi kurang stabil saat robot bergerak menuju lokasi yang diinginkan.

Dalam masalah ini Fuzzy Logic adalah teknik yang paling efektif untuk pengendalian presisi dalam sistem dinamis non-linear[4]. Oleh karena itu akan dibangun sistem kontrol menggunakan metode fuzzy takagi sugeno untuk mengatur arah gerak robot. Pada tugas akhir ini digunakan sensor gps untuk menentukan posisi robot dan sensor kompas untuk mengoreksi arah pergerakan dari robot terhadap gerak sudut rotasi (yaw)[5].

1.2. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari dilakukannya penelitian ini adalah

1. Dapat mengetahui tingkat presisi yang dihasilkan pada sensor GPS dan IMU.
2. Dapat mengetahui hasil fuzzy pada heading kontrol robot kapal selam dengan validasi MATLAB.
3. Dapat mengetahui trayektori robot dan error jarak yang dihasilkan saat perpindahan posisi dengan stabil dari lokasi awal robot menuju lokasi target.

Adapun manfaat yang dapat diambil dari dilakukannya penelitian ini adalah

1. Dapat mengimplentasikan algoritma Fuzzy pada kinerja robot kapal selam
2. Hasil dari tugas akhir ini dapat digunakan untuk mengontrol heading pada robot dari posisi awal hingga posisi akhir dengan metode Fuzzy sehingga robot kapal selam tetap stabil sesuai dengan algoritma Fuzzy.

1.3. Rumusan Masalah

Dengan berdasar pada latar belakang, maka dirumuskan beberapa rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana kestabilan heading pada sebuah robot di bawah air?
2. Bagaimana tingkat presisi data GPS dan IMU yang diperoleh?
3. Bagaimana kinerja robot menggunakan metode fuzzy logic control?

1.4. Batasan Masalah

Terdapat pembatasan masalah pada penelitian tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan adalah metode fuzzy logic control. Parameter yang diamati pada pengujian ini adalah titik koordinat robot, sudut dari GPS, sudut dari sensor IMU, jarak dan besar keluaran dari fuzzy logic control.
2. Robot dapat dikatakan sudah mencapai lokasi saat berada pada area lingkaran 5 meter dari titik lokasi tujuan.
3. Dalam pembahasan tugas akhir ini hanya menggunakan fuzzy logic control sebagai metode kontrol robot untuk mengontrol posisi yaw.

4. Trayektori yang dibuat hanya terbatas pada lintasan lurus dan tanpa halangan.

1.5. Metodologi Penelitian

Berikut merupakan tahap-tahap dari metodologi penelitian yang digunakan :

1. Metode Studi Pustaka / Literature

Dalam metode ini penulis mencari dan mengumpulkan data-data sebagai referensi berupa paper, jurnal ilmiah, internet, buku atau yang lainnya mengenai “Kontrol Posisidan Trayektori Robot Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control pada Autonomous Underwater Vehicle(AUV)” sehingga dapat menunjang penulisan Laporan Tugas Akhir.

2. Metode Konsultasi

Pada metode ini, peneliti melakukan konsultasi kepada orang-orang yang dianggap memiliki pengetahuan dan wawasan terhadap permasalahan yang ditemui saat pembuatan Tugas Akhir.

3. Metode *Obsevasi*

Metode ini dilakukan pengamatan dan pencatatan terhadap data yang diperoleh.

4. Metode Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Metode ini merupakan perancangan pemrograman menggunakan algoritma *Fuzzy* dan sensor berdasarkan referensi-referensi yang didapat pada studi pustaka.

5. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat untuk mendapatkan data hasil uji yang kemudian akan divalidasi untuk memastikan data tersebut sudah sesuai dengan teori-teori pendukung.

6. Analisa

7. Tahap ini melakukan analisa terhadap data yang telah didapatkan dari pengujian untuk melihat bagaimana sistem yang duhasilkan bekerja.

8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran dilakukan berdasarkan data yang dihasilkan dan analisa untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan untuk penelitian selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Pada laporan tugas akhir ini penulis menyusun sistematika penulisan untuk mempermudah dalam mengetahui isi dari setiap bab. Berikut merupakan sistematika penulisan dari laporan tugas akhir :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini akan menjelaskan tentang latar belakang masalah, tujuan dan manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menjelaskan tentang kerangka teori yang dibutuhkan pada *Kontrol Posisi dan trayektori Robot* pada AUV Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*.

BAB III. METODOLOGI

Bab ini akan menjelaskan tentang perancangan sistem yang dibuat pada tugas akhir ini..

BAB IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian yang telah dilakukan, dari hasil tersebut akan dilakukan validasi dan analisa agar mendapatkan data yang akurat.

BAB V. KESIMPULAN

Bab ini akan ditarik kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian dan analisa yang sudah dilakukan. Dan saran untuk penelitian selanjutnya agar menghasilkan data yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I.T.Utama, H.Nurhadi, and D.Arifianto, “Pengembangan Sistem Penginderaan Jauh Auv Berbasis Pada Sensor Infra Merah Dan Sensor Sonar”, vol. 66, pp. 37–39, 2012.
- [2] A. S. Taufik, “Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot,” pp. 1–6.
- [3] Y. Liao, Q. Jiang, T. Du, and W. Jiang, “Redefined Output Model-Free Adaptive Control Method and Unmanned Surface Vehicle Heading Control,” *IEEE J. Ocean. Eng.*, vol. PP, pp. 1–10, 2019.
- [4] S.P Sidik, “Fuzzy controller design for nonlinear systems,” 2015.
- [5] R. N. Dodhy Fernando Ginting, Erwin Susanto, “Robot Beroda Otomatis Dengan Sistem Navigasi Koordinat Global Positioning System (Gps) Dengan Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic,” vol. 3, no. 3, pp. 4107–4118, 2016.
- [6] V. P. Rachim, A. Triwiyatno, B. Setiyono, and A. P. Uuv, “Desain Sistem Kendali pada Ulisar (UUV) Unmanned Underwater Vehicle,” vol. 14, no. 2, pp. 48–55, 2012.
- [7] Y. Junan *et al.*, “Rancang Bangun Robot Bawah Air,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 17–24, 2018.
- [8] R. Hidayat, “(Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS (Global Positioning,” vol. 5, no. 2, 2016.
- [9] Y. Yulianto, R. Ramadiani, and A. H. Kridalaksana, “Penerapan Formula Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal,” *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 13, no. 1, p. 14, 2018.
- [10] M. J. J. Suja, S. R. Sulistiyanti, and M. Komarudin, “Sistem Navigasi pada Unmanned Surface Vehicle untuk Pemantauan Daerah Perairan.”

- [11] H. Si and Z. M. Aung, "Position Data Acquisition from NMEA Protocol of Global Positioning System," *Int. J. Comput. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 353–357, 2011.
- [12] D. ika Suryani, "Inertial measurement unit (imu) pada sistem pengendali satelit," vol. 12, no. 2, pp. 7–9, 2017.
- [13] A. Septiaji, I. Setiawan, and D. Darjat, "Perancangan Robot Mobil Penjejak Dinding Koridor Menggunakan Kendali Logika Fuzzy," 2011.
- [14] Rendyansyah., K. Exaudi, and A. P. P. Prasetyo, "Navigasi Berbasis Behavior dan Fuzzy Logic pada Simulasi Robot Bergerak Otonom," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, p. 135, 2016.
- [15] Z. Ahmad and I. Muhammad, "Implementasi Sistem Sonar pada Gerak Ekor Robot Ikan dengan Metode Logika Fuzzy", Universitas Sriwijaya, 2015.
- [16] K. Arief, D. Purwanto, and H. Kusuma, "Algoritma Menghadang Bola dengan Metode Fuzzy Logic untuk Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019.