

**PENGONTROL KESEIMBANGAN ROBOT
MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC
PADA *AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE***



**OLEH:
ENDANG DARMAWAN YUDI
0901181520116**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

**PENGONTROL KESEIMBANGAN ROBOT
MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC
PADA *AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE***

TUGAS AKHIR

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



OLEH:

ENDANG DARMAWAN YUDI

09011181520116

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGONTROL KESEIMBANGAN ROBOT MENGGUNAKAN
METODE FUZZY LOGIC PADA *AUTONOMOUS*
UNDERWATER VEHICLE (AUV)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Strata I

Oleh :

ENDANG DARMAWAN YUDI
0901181520116


Indralaya, Desember 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer


Rossi Passarella, M.Eng.
NIP. 197806112010121004

Pembimbing Tugas Akhir


Ahmad Zarkasi, M.T.
NIP. 197908252013071201

HALAMAN PERSETUJUAN

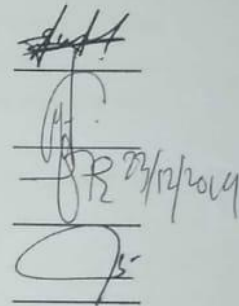
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 19 Desember 2019

Tim Penguji :

1. **Ketua** : Sarmayanta Sembiring, M.T.
2. **Sekretaris** : Ahmad Zarkasi, M.T.
3. **Anggota I** : Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T.
4. **Anggota II** : Kemahyanto Exaudi, M.T.



Handwritten signatures of the examiners, including a date stamp '19/12/2019'.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer

Rossi Passarella, M.Eng.

NIP. 19780611 201012 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Endang Darmawan Yudi
NIM : 09011181520116
Program Studi : Sistem Komputer
Judul : Pengontrol Keseimbangan Robot Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*
pada *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)*

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 11%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsure 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 dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Indralaya, Desember 2019



Endang Darmawan Yudi
NIM. 09011181520116

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “**Pengontrol Keseimbangan Robot Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* pada *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV)**” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata 1 pada jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Dalam laporan ini penulis menjelaskan mengenai sistem navigasi otomatis pada robot bawah air. Penulis berharap agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan menjadi bahan bacaan bagi yang tertarik untuk meneliti di sistem navigasi robot bawah air.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak atas ide dan saran serta bantuannya dalam menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Ayah dan Ibu Saya, saudara – saudara saya yang telah memberikan motivasi baik moril, spiritual maupun material kepada penulis.
2. Bapak Jaidan Jauhari, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Rossi Passarella, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ahmad Zarkasi, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T. selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.

6. Teman-teman mahasiswa Sistem Komputer Angkatan 2015 yang telah membantu dan men-support dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mohon maaf dan saya selaku penulis dengan senang hati dan terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan semoga bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Palembang, Desember 2019

Penulis

BALANCED CONTROL SYSTEM OF AN AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOT (AUV) WITH FUZZY LOGIC

Endang Darmawan Yudi (09011181520116)

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

Email : endangdarmawanyudi123@gmail.com

ABSTRACT

Underwater vehicles are the vehicle that can be moved and controlled in water by remotely. Autonomous Underwater Vehicle (AUV) is one type of underwater robot that is being developed lately. AUV can move automatically without being controlled directly by the user as long as the conditions of the robot program are met. With the movement and disturbance that is difficult to predict can make the stability of the robot one is very vulnerable, so it takes a condition that can stabilize the movement both at any depth. In practice, the on / off control system is still not able to balance the AUV properly if the robot is disturbed by water movement. Therefore, the purpose of this paper, we want to design a system using fuzzy logic with Takagi Sugeno method to stabilize its movement in the roll position and adjust the height of the robot from the bottom of the water. This study uses the IMU MPU6050 sensor hardware and sonar sensor as input, Arduino as a microcontroller and 2 brushed DC motors as actuators.

Keywords: UAutonomous Underwater Vehicle, Fuzzy logic, PWM

PENGONTROL KESEIMBANG ROBOT MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* PADA *AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOT (AUV)*

Endang Darmawan Yudi (09011181520116)

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

Email : endangdarmawanyudi123@gmail.com

ABSTRAK

Underwater robot adalah kendaraan yang dapat bergerak dan dikendalikan dari jarak jauh. Autonomous Underwater Vehicle (AUV) adalah salah satu jenis underwater robot yang sedang dikembangkan akhir-akhir ini. AUV dapat bergerak secara otomatis tanpa dikontrol langsung oleh pengguna selama kondisi dari program robot terpenuhi. Dengan pergerakan dan gangguan yang sulit di prediksi bisa membuat kestabilan dari robot satu ini sangat rentan, sehingga dibutuhkan suatu kondisi yang bisa menstabilkan gerakannya baik itu pada kedalaman apapun. Pada penerapannya, sistem kendali on/off masih belum mampu menyeimbangkan AUV dengan baik jika robot tersebut mengalami gangguan oleh pergerakan air. Oleh karena itu, tujuan pada paper kali ini, kami ingin membuat rancangan system menggunakan fuzzy logic dengan metode takagi sugeno untuk menstabilkan pergerakannya pada posisi roll dan mengatur ketinggian robot dari dasar air. Penelitian ini menggunakan Hardware IMU MPU6050 sensor dan sonar sensor sebagai inputannya, arduino sebagai mikrokontroler dan 2 motor DC brushed sebagai actuator.

Kata Kunci – Autonomous Underwater Vehicle (AUV), Fuzzy Logic, PWM

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah	2
1.2.1 Rumusan Masalah.....	2
1.2.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.3.1 Tujuan	2
1.3.2 Manfaat	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematikan Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Autonomous Underwater Vehicle</i>	5
2.2 Sensor Keseimbangan (Gyroscope).....	5
2.3 Sensor Jarak (Sonar)	6
2.4 Driver Motor	8
2.5 Motor DC	9
2.6 Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.6.1 <i>Fuzzifikasi</i>	9

2.6.2	Fungsi Keanggotaan	10
2.6.3	Fungsi Keanggotaan Segitiga	10
2.6.4	Fungsi Keanggotaan Trapesium	11
2.6.5	<i>Defuzzifikasi</i>	11
2.7	Metode Takagi-Sugeno	12

BAB III METODOLOGI

3.1	Pendahuluan	14
3.2	Kerangka kerja	14
3.3	Konsep Perancangan	16
3.4	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	16
3.4.1	Desain Skematik AUV	17
3.4.2	Desain Skematik Sensor IMU	17
3.4.3	Desain Skematik Sensor Sonar	18
3.4.4	Desain Skematik Driver Motor ESC	20
3.5	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	21
3.5.1	Input <i>Crisp</i>	21
3.5.2	<i>Fuzzifikasi</i>	22
3.5.3	Rule-Base	25
3.5.4	<i>Defuzzifikasi</i>	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pendahuluan	27
4.2	Pengujian Alat	27
4.2.1	Pengujian Sensor Sonar	27
4.2.2	Pengujian Driver Motor	29
4.3	Pengujian Gerak Robot	31
4.3.1	Pengujian Gerak Maju	31
4.3.2	Pengujian Gerak Naik	31
4.3.3	Pengujian Gerak Turun	32
4.3.4	Pengujian Gerak Miring Kiri	32
4.3.5	Pengujian Gerak Miring Kanan	33

4.4 Pengujian dan Validasi Data <i>Fuzzy</i>	34
4.5 Pengujian AUV	37
4.5.1 Percobaan <i>Fuzzy</i> Keadaan Turun dan Naik	37
4.5.2 Percobaan <i>Fuzzy</i> Keadaan Miring Kiri dan Kanan.....	40
4.5.3 Percobaan AUV	42
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sensor Gyroscope	6
Gambar 2.2 Sensro Jarak	8
Gambar 2.3 Driver Motor	8
Gambar 2.4 Motor DC	9
Gambar 2.5 Fungsi Keanggotaan Segitiga	11
Gambar 2.6 FungsiKeanggotaan Trapesium	11
Gambar 2.1 Fungsi Keanggotaan Singleton	12
Gambar 3.1 Bagan Kerangka Kerja	15
Gambar 3.2 Diagram Blok AUV	16
Gambar 3.3 Desain Skematik AUV	17
Gambar 3.4 Desain Skematik Sensor IMU	18
Gambar 3.5 Rool <i>coordinate</i> System	18
Gambar 3.6 Desain Skematik Sensor Sonar	19
Gambar 3.7 Desain Skematik Driver Motor	20
Gambar 3.8 Skematik <i>Fuzzy</i> Logic	21
Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Sensor IMU	22
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Sensor Sonar	23
Gambar 3.11 Pseudo Code Algoritma Sensor IMU dan Sonar	24
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Kecepatan Motor	25
Gambar 3.1 Pseudo Ccode Rule-Base	26
Gambar 3.14 Pseudo Code <i>Defuzzifikasi</i>	26
Gambar 4.1 Perbandingan Nilai Sensor Sonar	29
Gambar 4.2 Tampilan Interface Simulasi Delphi 7	34
Gambar 4.3 Hasil Program <i>Fuzzy</i>	35
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai <i>Fuzzy</i>	37
Gambar 4.5 Hasil <i>Fuzzy</i> Robot Turun	38
Gambar 4.6 Hasil <i>Fuzzy</i> Robot Naik	40
Gambar 4.7 Hasil <i>Fuzzy</i> Keadaan Miring Kiri	41
Gambar 4.8 Hasil <i>Fuzzy</i> Keadaan Miring Kanan	42
Gambar 4.9 Hasil Pengujian AUV	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Gambar 3.1 Rule-Base	25
Gambar 4.1 Hasil Perhitungan Manual ADC Sonar	27
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Sensor Sonar	28
Gambar 4.3 Hasil Perhitungan Manual ADC driver.....	29
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Driver.....	30
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Gerak Maju	31
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Gerak Naik.....	32
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Gerak Turun.....	32
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Gerak Miring Kiri	33
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Gerak Miring Kanan	33
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Fuzzy	35
Gambar 4.11 Hasil Pengujian AUV	43

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan luas perairan seluas 5,9 juta km², dimana masih banyak wilayah perairan yang masih belum tereksplorasi secara menyeluruh [1]. Ketidakberdayaan manusia untuk mengeksploitasinya tidak membuat manusia putus akal, Untuk mengetahui suatu keadaan yang tidak bisa dilakukan manusia, umumnya manusia akan menciptakan alat sebagai gantinya, salah satunya adalah robot. Robot yang digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah robot yang bisa bergerak serta beradaptasi di dalam air atau yang lebih dikenal dengan sebutan robot bawah air (*Underwater Robot*) [2].

Robot bawah air sendiri terdapat beberapa jenis, salah satunya ialah *Autonomous Underwater Robot* (AUV) dimana robot ini dapat bergerak secara otomatis tanpa campur tangan dari manusia [3], AUV adalah robot selam bawah air yang bergerak secara otomatis tanpa dikontrol yang dimana strukturnya sangat berpengaruh terhadap berat dan keseimbangan terhadap daya apung serta gaya gravitasi di dalam air. Sehingga dibutuhkan desain yang memungkinkan robot tahan terhadap air serta tekanan di dalam air [4].

Pada tugas akhir ini, akan berfokus pada implementasi pergerakan dari AUV untuk mengontrol kedalaman serta ketinggian dari dasar air ke kapal dengan menggerakkan kedua motor maju atau mundur agar robot bisa naik dan turun. Dan juga mengontrol keseimbangan robot pada posisi *roll* dengan menggerakkan salah satu motor maju dan satunya lagi mundur atau sebaliknya sehingga robot dapat berputar/ bergulir pada sumbu y sehingga robot dapat kembali seimbang walaupun terjadi [5].

Pada penerapannya, sistem kendali on/off masih belum mampu menyeimbangkan AUV dengan baik jika robot tersebut mengalami gangguan oleh pergerakan air. Oleh karena itu, tujuan pada paper kali ini, kami ingin membuat rancangan system menggunakan *fuzzy logic* dengan metode takagi sugeno untuk menstabilkan pergerakannya pada posisi roll dan mengatur ketinggian robot dari dasar air. System *fuzzy* memiliki beberapa keuntungan

dibandingkan dengan metode if-else biasa, ini dikarenakan *fuzzy logic* memiliki hasil berupa nilai respon berdasarkan informasi yang bersifat ambigu dan kualitatif. Untuk mendapatkan hasil yang bagus maka diperlukan *trial and error* hingga nilai yang didapat memuaskan [6].

Disini kami menggunakan Hardware sensor IMU MPU6050 dan sonar sensor sebagai inputannya, arduino sebagai mikrokontroler dan 2 motor DC brushed sebagai actuator, dengan masukkan berupa error sudut dari hasil pembacaan sensor keseimbangan baik dalam sudut Accelerometer maupun Gyroscope dan pembacaan dari sensor sonar yang berupa nilai jarak dari dasar air ke AUV nya kemudian akan diolah oleh sistem kendali *fuzzy logic* yang menghasilkan keluaran berupa kecepatan putaran motor untuk mengembalikan ke posisi set point yang telah ditentukan [7][8].

1.2. Rumusan dan Batasan Masalah

1.2.1. Rumusan Masalah

Bagaimana cara membuat sistem pengontrol kedalaman dan keseimbangan otomatis pada robot bawah air.

1.2.2. Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah dalam project tugas akhir ini, yaitu :

1. Sistem kontrol yang dibuat dan dianalisa hanya menyangkut cara kontrol kedalaman serta keseimbangan robot.
2. Metode untuk mengontrol robot hanya menggunakan *fuzzy logic*.
3. Output yang dihasilkan dari penelitian ini berupa kecepatan pwm motor yang akan menggerakkan robot sehingga dihasilkan kedalaman dan keseimbangan robot yang sesuai

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan project tugas akhir ini, yaitu :

1. Dapat membuat sistem control kedalaman dan keseimbangan robot bawah air menggunakan metode *fuzzy logic*.

2. Mendapatkan nilai serta menganalisa keakurasiannya dari metode yang digunakan.

1.3.2. Manfaat

1. Mendapatkan sistem kontrol kedalaman dan keseimbangan robot bawah air berbasis *fuzzy logic*.
2. Mendapatkan hasil output *fuzzy* dengan keakurasian eror yang kecil dan dapat langsung diimplementasikan langsung kedalam robot.

1.4. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan sebagai berikut :

1. Metode Literatur

Mencari dan mengumpulkan referensi yang berupa literature yang terdapat pada buku dan internet mengenai “Pengontrol kedalaman dan keseimbangan gerak AUV menggunakan metode *fuzzy logic*”.

2. Metode Inisialisasi

Melakukan konsultasi kepada orang-orang yang memiliki pengetahuan serta wawasan yang baik dalam mengatasi permasalahan yang ditemui pada penulisan tugas akhir “Pengontrol kedalaman dan keseimbangan robot menggunakan metode *fuzzy logic* pada AUV”.

3. Metode Perancangan Sistem

Merancang dan membuat *algoritma* dari *fuzzy* dan *simulasi* yang digunakan.

4. Metode Pengujian dan validasi

Pengujian dilakukan dengan mengambil beberapa sampel data manual dan simulasi, kemudian nilai tersebut akan dibandingkan hasilnya dengan menggunakan aplikasi Matlab.

5. Metode Analisa

Nilai yang didapat pada tahap pengujian kemudian akan dianalisa apakah nilai erornya kecil ataukah tidak sehingga kita bisa tau seberapa akurat program yang dibuat.

5.1. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir yang saya buat ini terdiri dari 5 bab, dengan fungsi penulisan agar mempermudah dan memperjelas isi tiap bab.

BAB I. Pendahuluan

Berisi penjelasan latar belakang masalah, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat, serta metodologi penulisan.

BAB II. Tinjauan Pustaka

Berisi tentang kerangka kerja yang digunakan pada perancangan tugas akhir kali ini.

BAB III. Metodologi Penelitian

Berisi tentang langkah-langkah perancangan *algoritma* dan sistem kerja pada tugas akhir kali ini.

BAB IV. Pengujian dan Analisa

Berisi tentang pengujian *hardware* dan *software* dari sistem yang telah dibuat, dari nilai yang didapat dari hasil pengujian tersebut akan dianalisis apakah sistem yang telah dirancang akurat atau tidak.

BAB V. Kesimpulan

Berisi tentang kesimpulan dari semua percobaan baik *hardware* maupun *software* yang dirancang dan juga nilai fuzzy yang terlebih dahulu sudah di analisa sebelumnya.

Daftar Pustaka

- [1] “Jurnal Ilmiah Platax TINJAUAN TEORITIS DALAM PERSPEKTIF NEGARA KEPULAUAN REPUBLIK INDONESIA Regional Development in Coastal and Ocean in Archipelago Perspective of The Republic of Indonesia Jurnal Ilmiah Platax,” vol. I, pp. 92–101, 2013.
- [2] S. Mahasiswa, T. Fisika, F. T. Elektro, and U. Telkom, “) yang lebih besar dari hasil perhitungan waktu estimasi sebesar 0.3 sampai 1 detik disebabkan adanya lonjakan maksimum sebesar 20,” vol. 5, no. 3, pp. 5857–5864, 2018.
- [3] D. P. Sinaga, E. Susanto, and R. Nugraha, “RANCANG BANGUN KESTABILAN POSISI SISTEM KENDALI MANUAL ROBOT KAPAL SELAM MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC 3 . Aturan Dasar (Rule Based) 9 Aturan dasar (rule based) pada control logika fuzzy merupakan suatu bentuk aturan relasi ‘ Jika - Maka ’ atau “ if.”
- [4] Y. Zhuoyi, S. Yumin, and S. Hailong, “Vehicle Made of Composite Material,” pp. 0–3, 2014.
- [5] K. S. K. M. R. R. M. M. Kumar, “Design and implementation of Fuzzy logic controller for a DC motor,” vol. 2, no. 8, pp. 114–120, 2012.
- [6] R. Passarella, K. Exaudi, J. S. Komputer, F. I. Komputer, and U. Sriwijaya, “Perancangan Sistem Navigasi Robot Kapal Katamaran untuk Menghindari Rintangan Menggunakan Logika Fuzzy,” vol. 7, no. 1, 2018.
- [7] H. Ubaya and H. Mawarni, “Sensor Fusion and Fuzzy Logic for Stabilization System of Gimbal Camera on Hexacopter.”
- [8] S. K. Jain, S. Bora, and M. Singh, “A Review Paper on: Autonomous Underwater Vehicle,” vol. 6, no. 2, pp. 38–40, 2015.
- [9] S. G. Anavatti, P. P. Wong, and J. Y. Choi, “Design and implementation of fuzzy logic controller for wing rock,” *Int. J. Control. Autom. Syst.*, vol. 2, no. 4, pp. 494–500, 2004.
- [10] A. Muzaffar *et al.*, “FUZZY LOGIC CONTROLLER DESIGN FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE (AUV) -YAW CONTROL,” vol. 13, no. 5, pp. 1608–1614, 2018.
- [11] M. S. M. Aras, N. S. Khalid, H. Hairi, and H. A. Kasdirin, “Development

- of Sonar Sensor System for Autonomous Underwater Vehicles Application,” no. February, pp. 268–272, 2010.
- [12] N. Salim Abdullah, Erwin, “Rancang Bangun Kestabilan Laju Robot Kapal Selam Berbasis Mikrokontroler,” *Openlibrary.Telkomuniversity.Ac.Id*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [13] Zarkasi Ahmad dan Ismuhariandy Muhammad. Implementasi Sistem Sonar pada Gerak Ekor Robot Ikan dengan Metode Logika Fuzzy".Universitas Sriwijaya,2015.
- [14] A. Wicaksono and I. Setiawan, “IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY DALAM KONTROL POSISI KEDALAMAN PADA REMOTELY OPERATED UNDERWATER VEHICLE (ROV),” 1970.
- [15] A. Nag, S. S. Patel, and S. A. Akbar, “Fuzzy logic based depth control of an autonomous underwater vehicle,” *Proc. - 2013 IEEE Int. Multi Conf. Autom. Comput. Control. Commun. Compress. Sensing, iMac4s 2013*, pp. 117–123, 2013.
- [16]. P. rossi, Sutarno, N. Zarti, P. P. P Aditnya,"Perancangan Sistem Penjadwalan Baterai Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Mikrokontroller ATmega16,".Universitas Sriwijaya,2013.