

PENGENDALI FUZZY LOGIC UNTUK MANUVER ROBOT BAWAH AIR

Kartika Sekarsari¹, Ahmad Nuryadi², Syaiful Rizal³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

^{1,2}Jl. Raya Puspiptek, Buaran Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

³Jl. Witana Harja No.18b, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹ dosen00181@unpam.ac.id

² a.nuryadi.001@gmail.com

³ syaiful.rizal.108@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 08-06-2023
revisi : 15-06-2023
diterima : 25-06-2023
dipublish : 30-06-2023

ABSTRAK

Robot bawah air merupakan kendaraan bawah air yang menggunakan remote control sebagai kendali peralatan ini dari jarak jauh. Alat ini dilengkapi sensor infrared sehingga mampu untuk bermanuver menghindari objek tertentu. Implementasi logika fuzzy dalam penelitian bertujuan untuk mengendalikan robot bawah air, sehingga dapat bermanuver sesuai jarak yang di ukur oleh infrared. Fuzzy Logic tipe Sugeno pada gerak robot bawah air ini mengatur gerak manuver robot kearah kanan, kiri, dan lurus. Hasil pengujian diperoleh jarak robot bawah air untuk gerak manuver antara 10 cm sampai dengan 30 cm dengan tegangan motor yang berbeda, robot akan berbelok kekanan ketika motor kanan mendapat tegangan 0,15 V, dan motor kiri mendapat tegangan 0,42 V dengan PWM 125 atau 50 %. Robot akan berbelok kiri bila motor kiri mendapat tegangan 0,15 V, dan motor kanan mendapat asumsi 0,42 V dengan tegangan PWM 125 atau 50 %.

Kata kunci: Fuzzy logic, robot bawah air, ROV

ABSTRACT

Underwater robots are underwater vehicles that use a remote control to control this equipment remotely. This tool is equipped with an infrared sensor to maneuver to avoid certain objects. The implementation of fuzzy logic in this study aims to control underwater robots so that they can maneuver according to the distance measured by infrared. Sugeno's Fuzzy Logic type of underwater robot motion regulates the robot's right, left, and straight maneuvers. The test results obtained the underwater robot distance for maneuvering between 10 cm to 30 cm with different motor Vs, the robot will turn right when the right motor gets 0.15 Vs, and the left motor gets 0.42 Vs with PWM 125 or 50%. The robot will turn left if the left motor gets a V of 0.15 Vs and the right motor gets an assumption of 0.42 Vs with a PWM V of 125 or 50%.

Keywords: Fuzzy logic, underwater robot, ROV

PENDAHULUAN

Teknologi robot saat ini, sudah banyak memunculkan inovasi - inovasi baru, diantaranya robot yang digunakan dalam industri manufaktur, otomotif, transportasi laut dan udara, perhotelan, rumah sakit, pendidikan, dan lain sebagainya.(Sekarsari et al., 2019) Wilayah kerja robot saat ini sudah mencakup darat, air, dan udara. Robot bawah air merupakan robot yang dapat bekerja di dalam air. Penggunaan robot bawah air diantaranya adalah untuk penelitian atau survey pengamatan sumber daya alam dibawah laut dan kadang digunakan dalam aksi penyelamatan di bawah laut dan lainnya.(Junan et al., 2018) Selain itu, pengamatan bawah air juga sangat diperlukan diantaranya jika di dalam air terdapat wilayah-wilayah yang sulit di jangkau oleh manusia, seperti: area bawah air yang memiliki keterbatasan oksigen, perairan yang terkena limbah beracun, dan yang lainnya. Dengan demikian, robot bawah air sangat diperlukan dalam membantu pekerjaan manusia. (Koli et al., 2015) ROV (*Remotely Operated Vehicle*) merupakan jenis kendaraan bawah air tanpa awak yang bekerja di bawah air dimana

pengoperasiannya dikendalikan oleh operator dengan menggunakan perangkat kendali (remote kontrol). Aplikasi ROV biasanya ditujukan untuk melakukan aktifitas di bawah air.(Mulyana et al., 2016)

Hal terpenting pada robot bawah air atau ROV adalah penerapan sistem kendali pada robot tersebut. Menurut penelitian sebelumnya bahwa mekanika ROV memiliki persamaan kinematika dan persamaan dinamis yang multivariable dan tidak linier(Young-Shik et al., 2009), adanya faktor gangguan dari gaya hidrostatis dan hidrodinamis pada ROV menyebabkan sulit diperoleh model persamaan (Lin et al., 2015), sehingga perlu ditentukan suatu metode kontrol yang cocok.(Bagheri & Moghaddam, 2009)

Pada penelitian sebuah robot bawah air di desain menyerupai mini ROV dengan pengendali fuzzy logic . Tujuan penelitian adalah untuk merancang sebuah robot bawah air yang melakukan gerakan (manuver) yang baik dan halus dengan referensi dari sensor infrared yang ada di badan robot tersebut. Batasan penelitian ini adalah bahwa robot bawah air hanya dapat bergerak lurus menuju obyek, berbelok ke

kanan, atau ke kiri untuk menghindari obyek penghalang yang berada di depannya.

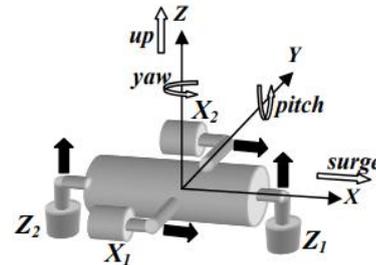
TEORI

Robot Bawah Air

Robot ini merupakan tipe kendaraan tanpa awak yang diaplikasikan pada kegiatan di bawah air. Umumnya robot bawah air ini terdiri dari dua kelompok yaitu *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)* dan *Remotely Operated Vehicle (ROV)*. AUV merupakan salah satu robot bawah air yang mampu bergerak serta melakukan aktifitas sendiri berdasarkan algoritma pemrograman yang di tanam pada chipnya, serta adanya dukungan beberapa sensor pada badan robot. Sedangkan, ROV merupakan jenis lain dari robot bawah air yang pengoperasiannya didukung oleh sebuah perangkat kendali (*remote control*) dan biasanya di dimanfaatkan untuk mengamati obyek dibawah air .(Mulyana et al., 2016)

Manuver Robot Bawah Air

Manuver robot bawah air adalah pergerakan yang dilakukan oleh robot bawah air untuk mengubah arah posisi dari posisi awal keposisi tertentu pada suatu area. Ditinjau dari sisi teori pergerakan robot bawah air memiliki enam (6) derajat kebebasan yang terdiri dari 3 gerak rotasi dan 3 gerak translasi yang keseluruhannya mengikuti arah dan putaran sumbu X, Y, dan Z. Diperlihatkan pada Gambar 1. Dimana, *surge* adalah pergerakan maju kedepan searah sumbu-x. Dan, *roll* adalah gerak rotasi terhadap sumbu-x. Pergerakan miring ke samping searah sumbu-y di sebut *sway*, dan gerak rotasi menaik terhadap sumbu-y adalah *pitch*. Pergerakan kebawah / keatas terhadap sumbu-z adalah *heave* atau *up*, dan gerakan rotasi membelok terhadap sumbu-z adalah *yaw*.(Adriansyah, 2008) Gambar-1 memperlihatkan gerakan Rov.



Gambar 1. Gerakan ROV
sumber:(Adriansyah, 2008)

Motor DC Brushless

Motor DC Brushless merupakan salah satu jenis motor DC yang tidak menggunakan sikat (brush) dan komutasinya menggunakan *Electronic Speed Controller (ESC)*. Di dalam penelitian ini motor DC Brushless digunakan sebagai penggerak dan pendorong (thruster) robot bawah air. Dimana pada desain robotnya, motor DC Brushless ini dilengkapi baling-baling (*propeller*) untuk mendapatkan gaya dorong rhadap robot bawah air sehingga robot dapat bermanuver dan melakukan pergerakan di dalam air. Dipilihnya motor DC Brushless karena memiliki kekuatan, kehandalan, dengan efisiensi yang tinggi, tidak bising, kecepatan dan torsi yang lebih bagus, serta mudah dikendalikan kecepatan dan arah putarnya. Motor DC yang digunakan adalah DC brushless 1000 KV.

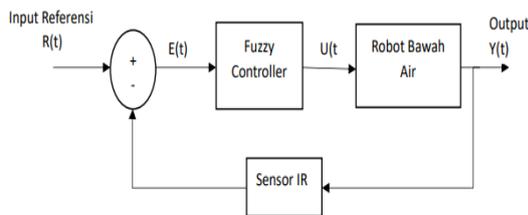
Sensor Infrared

Sensor infra merah (*infrared*) merupakan salah komponen elektronik yang memancarkan cahaya melalui led dan cahaya tersebut diterima kembali oleh photodiode. Sensor ini memiliki panjang gelombang lebih tinggi dari cahaya merah yakni sekitar 800-1000 nm. Sensor ini mengukur radiasi pancaran. Jika terdapat obyek atau benda disekitar pancaran sensor, maka benda ini akan mempunyai

pengaruh panas yang berbeda terhadap sensor. Selanjutnya, pancaran sinar infra merah melalui diode pemancar (*transmitter*) akan dipantulkan kembali dan diterima oleh photodiode (*receiver*) infra merah yang kemudian dikodekan sebagai sebuah data biner. Pada penelitian ini digunakan sensor *infrared sharp 2Y0A02 F 6Y*.

Kendali Fuzzy pada Robot Bawah Air

Kendali Fuzzy yang digunakan sebagai pengendali manuver robot bawah air, diperlihatkan pada blok diagram Gambar 2.



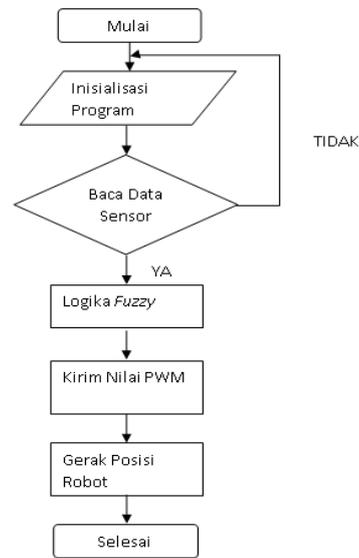
Gambar 2. Blok diagram kendali Fuzzy robot bawah air.

Masukan referensi yang berasal dari sensor *infrared* akan menjadi masukan bagi mikrokontroler *arduino uno* pada pin A0. Sinyal dari sensor tersebut selanjutnya dikodekan dan menuju proses pemrograman fuzzy pada *arduino uno* yang sebelumnya sudah di buat. Selanjutnya, keluaran *arduino uno* pin 11 dan 12 akan mengaktifkan dan memberi perintah pada ESC (*Electronic Speed Controller*) untuk menjalankan motor DC *brushless*. Jika keluaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan masukan atau tidak sesuai dengan proses fuzzyfikasi yang diterapkan di dalam program, maka sinyal akan diumpun balikan melalui sensor infra merah sehingga keluaran akan bisa disesuaikan kembali dengan *fuzzyfikasi* yang diinginkan.

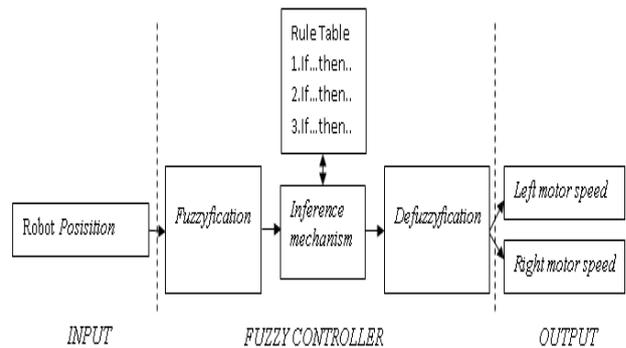
METODOLOGI

Desain perangkat keras robot bawah air pada penelitian ini menggunakan 4 motor

penggerak (*thruster*) dengan dipadukan baling-baling (*propeller*), ESC (*Electronic Speed Controller*) sebagai driver Motor DC, *arduino uno*, dan sensor *Infrared (IR) Sharp 2Y0A02 F 6Y*. Sedangkan, desain perangkat lunak menggunakan *arduino ide* dan program *Matlab* untuk simulasi model fuzzy logiknya.



Gambar 3. Flowchart robot bawah air



Gambar 4. Diagram Fuzzy robot bawah air

Robot bawah air di rancang untuk melakukan manuver dengan baik. Pengendali atau controller sistem robot yang menggunakan *Arduino Uno* memproses sinyal informasi yang diterima dari sensor *infrared* ketika sensor ini mendeteksi sebuah

objek pada jarak tertentu. Sinyal informasi tersebut kemudian memberikan perintah ke driver motor atau *Electronic Speed Controller* (ESC) yang menggunakan sinyal PWM untuk bekerja mengatur kecepatan dan arah motor dengan metode Fuzzy Logic sehingga robot dapat bermanuver sesuai dengan posisi yang diinginkan. Manuver robot digerakkan oleh 4 motor DC brushless pendorong (thruster) yang masing-masing motor tersebut memiliki fungsi yaitu: dua motor sebagai penggerak arah horizontal (kanan dan kiri), dan dua motor lagi sebagai penggerak arah vertical. Diagram alir sistem robot bawah air, diperlihatkan pada Gambar G, sedangkan diagram Fuzzy sistem diperlihatkan dalam Gambar 4. Diagram Fuzzy robot bawah air memperlihatkan bahwa model fuzzy terdiri dari masukan, proses, dan keluaran.

Referensi sensor *infrared* yang terdapat di robot bawah air digunakan sebagai input Proses *fuzzyfication* akan mentransformasikan sinyal dari input, selanjutnya dilakukan pengambilan kesimpulan cara kerja oleh inference mechanism metode Fuzzy Sugeno berupa konstanta yang direpresentasikan dalam fungsi matematika sebagai berikut:

IF Z1,t is A1 and IF Z2,t is A2 THEN f= h (Z1,t,Z2,t)

Selanjutnya, defuzzyfication melakukan proses pemetaan kesimpulan tentang aksi atur untuk output yaitu kecepatan motor kanan dan kiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilaksanakan untuk mengetahui kesesuaian manuver perancangan robot bawah air. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sensor infrared, pengujian PWM, dan pengujian

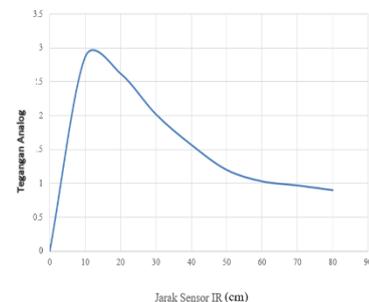
manuver robot bawah air menggunakan pengendali Fuzzy.

Tabel 1. Pengujian Sensor *Infrared*

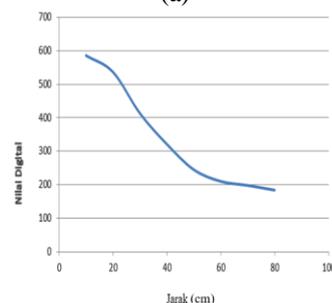
Jarak Sensor IR (cm)	Tegangan Analog (V)	Nilai Digital
10	2,86	585
20	2,62	536
30	2,02	413
40	1,57	321
50	1,20	245
60	1,03	210
70	0,97	198
80	0,90	184

Persamaan untuk menghitung konversi tegangan ke digital adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Nilai Digital} &= \frac{V_{\text{masuk}}}{V_{\text{Ref}}} \times 1023 \\ &= \frac{2,86}{5} \times 1023 \\ &= 585 \end{aligned}$$



(a)



(b)

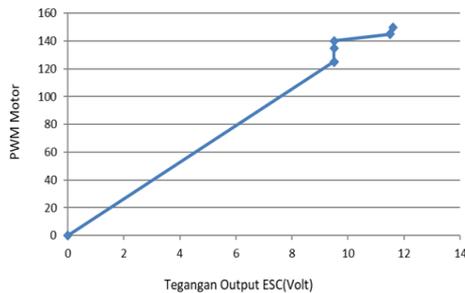
Gambar 5. (a) Grafik Jarak Dengan Tegangan Analog. (b) Grafik Jarak Dengan Nilai Digital

Gambar 5(a) menunjukkan jika jarak sensor Infrared semakin dekat dengan obyek, maka semakin besar tegangan yang

dikeluarkan, begitu sebaliknya jika semakin jauh jarak sensor itu dengan obyek, maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Gambar 5(b) menunjukkan jarak yang dikonversi dengan nilai digital, dimana jika jarak Infrared semakin dekat dengan obyek maka nilai digital semakin besar.

Tabel 2. Tabel Pengujian Perbandingan Tegangan dengan nilai PWM

Jarak (cm)	Tegangan (V)	PWM
80	11,6	150 (100%)
70	11,5	145 (90%)
60	11,5	145 (90%)
50	9,5	140 (80%)
40	9,5	135 (70%)
30	9,5	125 (50%)
20	9,5	125 (50%)
10	0	0%



Gambar 6. Grafik perbandingan tegangan dengan PWM.

Tabel 5. Pengujian Arah Gerak Robot Bawah Air dengan Fuzzy.

Fuzzyfikasi	Jarak (cm)	Tegangan output terukur (V)		Nilai PWM (%)	Arah gerak
		Motor Kanan	Motor Kiri		
Jauh	80	11,6	11,6	100	Lurus
	70	11,5	11,5	90	Lurus
	60	11,5	11,5	90	Lurus
Sedang	50	9,5	9,5	80	Lurus
	40	9,5	9,5	70	Lurus
	30	9,5	9,5	50	Lurus
Dekat	20	0	9,5	50	Belok kanan
	20	9,5	0	50	Belok kiri
	10	0	0	0	Diam

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan Fuzzifikasi dari fungsi keanggotaan input dan output untuk arah gerak manuver robot

Gambar 6 menunjukkan perbandingan antara PWM dengan tegangan yang dikeluarkan berdasarkan jarak yang dibaca oleh sensor infrared pada robot bawah air. Pada grafik terlihat tegangan yang dihasilkan maksimum 11,6 V, dimana PWM berada pada nilai maksimum 100% di 150. Tegangan maksimum ini diperoleh saat baterai penuh dan daya maksimum, namun tegangan maksimum dapat berubah-ubah tergantung pada kapasitas baterai.

Tabel 3. Fungsi keanggotaan input

Fuzzifikasi	Anggota fuzzifikasi
Dekat	10 cm, 20 cm, 30 cm
Sedang	30 cm, 40 cm, 50 cm
Jauh	60 cm, 70 cm, 80 cm

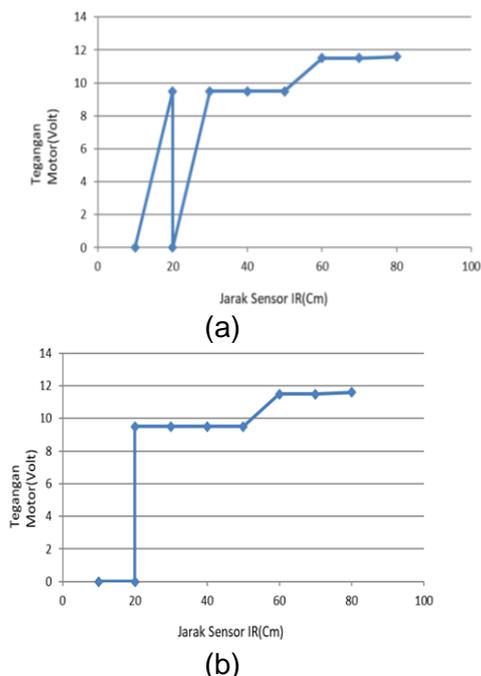
Tabel 4. Fungsi Keanggotaan Output Arah Gerak

Output	Makna arah gerak
0,51	Lurus PWM 100 %
0,50	Lurus PWM 90 %
0,50	Lurus PWM 90 %
0,42	Lurus PWM 80 %
0,42	Lurus PWM 70 %

bawah air yang mana masing-masing fungsi keanggotaannya memiliki makna arah

gerak. Fungsi keanggotaan (Membership Function) Fuzzy adalah sebagai berikut:
 {(80), (0,51)}, If jarak jauh, then lurus
 {(70), (0,50)}, If jarak jauh, then lurus
 {(60), (0,51)}, If jarak jauh, then lurus
 {(50, 40, 30), (0,42)}, If jarak sedang, then lurus PWM 70 %
 {(30, 20, 10), (0,15 / 0,42)}, If jarak dekat, then belok.

Tabel 5 merupakan tabel manuver arah gerak robot bawah air dengan jarak sensor infrared dan tegangan yang dihasilkan dengan nilai PWM, dimana ketika jarak sensor jauh dari objek penghalang maka nilai PWM penuh, dan arah gerak robot bawah air akan terus lurus. Tapi jika jarak sensor semakin dekat dari objek penghalang, maka nilai PWM semakin berkurang, dan robot bawah air secara otomatis akan bermanuver ke kiri atau kanan.

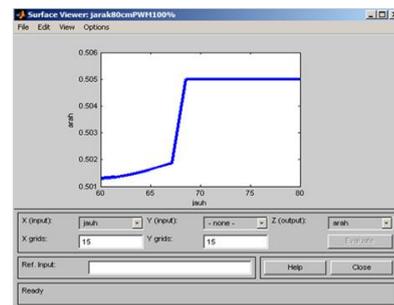


Gambar 7. Grafik Pengujian tegangan motor dan arah gerak robot (a)Gerak motor arah kanan dan (b) gerak motor arah kiri

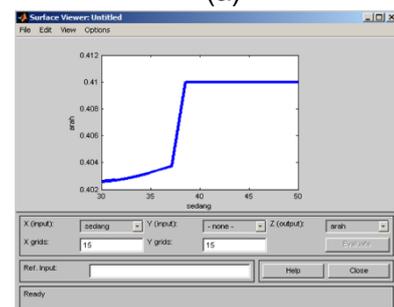
Gambar 7 menunjukkan grafik manuver robot bawah air, semakin jauh robot

dengan obyek maka tegangan motor yang dikeluarkan semakin besar, dengan demikian semakin cepat pula gerak atau manuver robot bawah air. Namun jika robot mulai mendekati obyek penghalang, maka tegangan motor akan semakin berkurang sehingga robot akan bermanuver a) ke kanan atau b) ke kiri, sehingga tidak sampai membentur obyek.

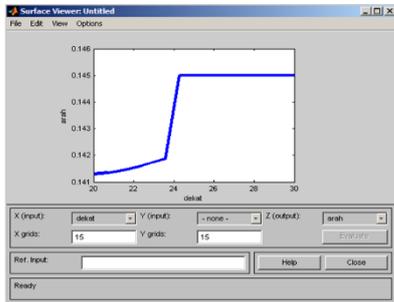
Gambar 8 a), b), dan c) menunjukkan grafik hasil pengujian arah gerak menggunakan simulasi fuzzy logic Matlab metode Sugeno, dimana range fungsi keanggotaan input adalah jarak pada sensor infra red dan range fungsi keanggotaan output adalah tegangan yang dihasilkan oleh PWM.



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Grafik hasil pengujian arah gerak robot menggunakan Fuzzy (a) If (jarak is jauh) then (arah is lurus), If (jarak is sedang) then (arah is lurus), dan (c) If(jarak is dekat) then (arah is belok).

Gambar 8 (a) menampilkan grafik dari kendali fuzzy untuk arah gerak manuver robot bawah air, grafik tersebut menunjukkan himpunan jauh antara jarak 60 cm sampai 80 cm dari objek penghalang, maka arah gerak lurus dengan tegangan 0,51 V dalam hal ini PWM 90 % sampai 100 %. Gambar 8 (b) menampilkan grafik himpunan sedang antara jarak 30 cm sampai 50 cm dari objek penghalang, maka arah gerak lurus dengan tegangan 0,42 V dalam hal ini PWM 70 % sampai 80 %. Gambar 8 (c) menampilkan grafik himpunan dekat antara jarak 10 cm sampai 30 cm dari objek penghalang, maka robot bawah air akan bermanuver atau merubah arah gerak, yaitu belok kanan atau kiri dengan tegangan motor kanan dan kiri antara 0,15 dan 0,42 V dengan PWM 50%.

Gambar 9 menunjukkan desain robot bawah air. Gambar 10 (a) menunjukkan robot bawah air bergerak lurus mendekati objek penghalang dengan nilai PWM dari 100 % sampai 70 % dengan tegangan keluaran dari 0,51 V sampai 0,42 V. Nilai PWM dan tegangan tersebut akan semakin berkurang jika robot mendekati objek penghalang.



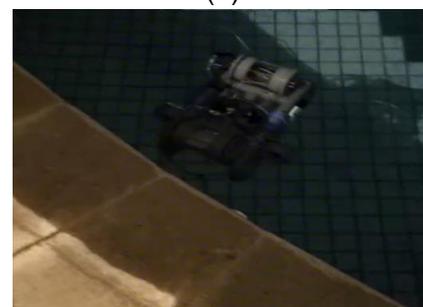
Gambar 9. Robot bawah air



(a)



(b)



(c)

Gambar 10. Arah gerak robot bawah air (a) Gerak Belok Robot bawah Air, (b) Gerak lurus Robot Bawah Air, dan (c) Robot Bawah Air mendekati objek penghalang.

Gambar 10 (b) menunjukkan robot bawah air berbelok ke arah kanan dengan tegangan motor kanan adalah 0,15 V dan motor kiri memiliki tegangan 0,42 V, PWM motor kiri berada pada nilai 125 atau 50 %. Gambar 10 (c) menunjukkan robot bawah air mendekati objek penghalang dengan jarak sekitar 10 cm sampai 30 cm, dalam hal ini tegangan motor kiri dan kanan adalah 0,15 V dengan asumsi PWM 0 % bisa artikan robot bawah air tersebut diam. Setelah 0,5 detik kemudian tegangan motor kanan bernilai 0,42 V, dan motor kiri tegangan 0,15 V, dimana PWM motor kanan berada pada nilai 125 atau 50%, maka robot bawah air akan berbelok ke kiri.

KESIMPULAN

Penelitian penerapan kendali fuzzy logic sebagai maneuver robot bawah air menghasilkan kesimpulan sebagai berikut, yakni : Pertama, Jarak maksimum robot bawah air mendeteksi obyek penghalang sekitar 80 cm. Arah gerak lurus robot mendekati obyek, memiliki nilai PWM sebesar 150 atau 100% dengan tegangan keluaran sebesar 0,51 V. Kedua, Nilai rentang fungsi keanggotaan fuzzy sebagai pengendali maneuver robot bawah air terdiri atas 3 bagian, yaitu : Dekat, PWM berada pada nilai 125 atau 50 %; Sedang, PWM berada pada nilai 135 atau 70 %, dan Jauh PWM berada pada nilai 150 atau 100 %. Ketiga, jarak robot bawah air untuk maneuver antara 30 sampai dengan 20 cm dengan tegangan motor yang berbeda, robot akan berbelok kanan ketika motor kanan mendapat asumsi tegangan 0,15 V, dan motor kiri mendapat asumsi tegangan 0,42 V dengan PWM 125 atau 50 %. Dan ketika robot akan berbelok kiri motor kiri akan mendapat asumsi tegangan 0,15 V, dan motor kanan mendapat asumsi 0,42 V dengan tegangan PWM 125 atau 50 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A. (2008). Perancangan Pergerakan Robot Bawah Air. *Seminar Nasional Informatika (SnnasIF), 2008*(semnasIF).
- Bagheri, A., & Moghaddam, J. J. (2009). Simulation and tracking control based on neural-network strategy and sliding-mode control for underwater remotely operated vehicle. *Neurocomputing, 72*(7–9).
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2008.06.008>
- Junan, Y., Poekoel, V. C., Putro, M. D., Elektro, T., Sam, U., Manado, R., & Manado, J. K. B. (2018). Rancang Bangun Robot Bawah Air. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer (Universitas Sam Ratulangi Manado), 7*(1).
- Koli, M. A. H., Marindani, E. D., & Hartoyo, A. (2015). Rancang Bangun Robot Bawah Air Mini ROV (Remotely Operated Vehicles) Berbasis Mikrokontroler ATMega16. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2*(1).
- Lin, W. P., Chin, C. S., Looi, L. C. W., Lim, J. J., & Ee Teh, E. M. E. (2015). Robust design of docking hoop for recovery of autonomous underwater vehicle with experimental results. *Robotics, 4*(4).
<https://doi.org/10.3390/robotics4040492>
- Mulyana, E., Adiningsih, N. U., & Fauzi, C. A. (2016). Rancang Bangun Robot Bawah Air Menggunakan Sistem Ballast Berbasis Rov (Remotely Operated Vehicle) Dengan Frekuensi 433 Mhz. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol, 2*(2).
<https://doi.org/10.15575/telka.v2n2.126-137>
- Sekarsari, K., Ikhsan, D., & Marfin. (2019). Design of 2 dof arm robot control system using ultrasonic sensor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.*



<https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012014>
Young-Shik, K., Jihong, L., Sung-Kook, P.,
Bong-Hwan, J., & Pan-Mook, L.
(2009). Path tracking control for
underactuated AUVs based on

resolved motion acceleration control.
*ICARA 2009 - Proceedings of the 4th
International Conference on
Autonomous Robots and Agents.*
<https://doi.org/10.1109/ICARA.2000.4804000>