Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 13 No.2, Oktober 2024

Submitted: 01-09-2024
Revised: 15-09-2024
Accepted:01-10-2024
Published:30-10-2024

Pengembangan Robot Ikan Berbasis Motor Servo dengan Kendali Jarak Jauh Menggunakan ESP32

Riza Muhida, Afriunus Wijayandi, Muhammad Riza, Indra Surya, Kunarto, Zein Muhamad, Mulyana, Harjono Saputro, Bambang Pratowo

[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email : Afriunus.20321046@student.ubl.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan robot ikan yang digerakkan oleh motor servo dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan ESP32. Robot ini dirancang untuk meniru gerakan alami ikan dengan menggunakan motor servo untuk menggerakkan ekor dan siripnya, sehingga mampu bermanuver secara efisien di air. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja robot, termasuk stabilitas, kecepatan gerak, dan ketahanan terhadap kebocoran. Hasilnya menunjukkan bahwa robot mampu bergerak dengan baik di air, dengan stabilitas yang memadai dan proteksi komponen elektronik yang efektif dari air. Meskipun demikian, diperlukan optimasi lebih lanjut pada desain aerodinamis dan kontrol servo untuk meningkatkan kinerja manuver.

Kata Kunci: robot ikan, motor servo, ESP32, kendali jarak jauh, stabilitas, kebocoran, 3D printing.

1 Pendahuluan

Teknologi robotika semakin berkembang pesat dan memainkan peran penting dalam berbagai bidang, termasuk eksplorasi bawah air dan studi lingkungan laut. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan robot bawah air adalah menciptakan sistem propulsi yang efisien dan mampu meniru gerakan alami makhluk laut, khususnya ikan. Gerakan alami ikan telah menjadi inspirasi utama dalam pembuatan robot ikan karena kemampuannya yang unggul dalam bermanuver di air secara lincah dan efisien.

Seiring dengan kemajuan teknologi, motor servo menjadi salah satu komponen penting yang mampu memberikan presisi gerak tinggi pada robot ikan. Penggunaan teknologi ini memungkinkan robot meniru gerakan ikan dengan lebih realistis, sehingga robot dapat bergerak dengan kecepatan dan kelincahan yang lebih baik di dalam air. Selain itu, integrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32 memberikan fleksibilitas lebih besar dalam pengendalian jarak jauh menggunakan aplikasi berbasis internet. Ini memberikan keunggulan dalam hal keamanan dan kontrol yang efisien dari jarak jauh.

Namun, pengembangan robot ikan juga menghadapi tantangan, terutama dalam hal stabilitas dan kebocoran air yang dapat merusak komponen elektronik di dalamnya. Oleh

karena itu, penelitian ini berfokus pada pemilihan material yang tepat, seperti penggunaan akrilik dan pelapis tahan air, serta penerapan teknik penyegelan yang efektif untuk mengatasi permasalahan kebocoran.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah robot ikan yang mampu bergerak di air dengan bantuan motor servo dan dikendalikan secara jarak jauh menggunakan ESP32. Dengan mengatasi tantangan stabilitas dan kebocoran, diharapkan robot ikan ini dapat digunakan secara efektif dalam aplikasi eksplorasi bawah air serta memberikan kontribusi signifikan dalam studi lingkungan laut.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan yang dipilih untuk mendukung perancangan dan pengujian robot ikan berbasis servo. Alat dan bahan yang digunakan meliputi :

ESP32: Mikrokontroler utama yang bertanggung jawab sebagai pusat kendali sistem.
Motor Servo Tahan Air: Motor yang digunakan untuk menggerakkan ekor dan sirip robot ikan, dirancang untuk beroperasi di lingkungan basah tanpa mengalami kerusakan akibat air.
Bahan 3D Printing (CR-PLA): Bahan yang digunakan untuk mencetak tubuh robot ikan. PLA dipilih karena kekuatan mekanisnya yang baik dan kemudahan dalam proses pencetakan.
Akrilik: Material yang digunakan untuk membuat komponen tubuh yang membutuhkan transparansi dan ketahanan terhadap air.
Pipa PVC: Digunakan untuk membuat struktur tambahan pada robot ikan.
Hot Glue dan Lem G: Digunakan untuk menyegel sambungan dan mencegah kebocoran air yang dapat merusak komponen elektronik.
Solder dan Alat Elektronik: Digunakan untuk menyambungkan komponen elektronik seperti servo motor, ESP32, dan sensor.
DHT11: Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan sekitar robot.
Ultrasonic Sensor: Sensor yang mendeteksi keberadaan objek di sekitar robot untuk membantu dalam navigasi. komposit.



Gambar 1. Proses Pencetakan 3D Tubuh Robot Ikan

Proses pencetakan tubuh robot ikan menggunakan teknologi 3D printing dengan bahan CR-PLA. Pencetakan ini bertujuan untuk membentuk struktur aerodinamis tubuh yang menyerupai ikan asli, memastikan kekuatan dan ketahanan tubuh robot saat beroperasi di dalam air.

2.2. Metode

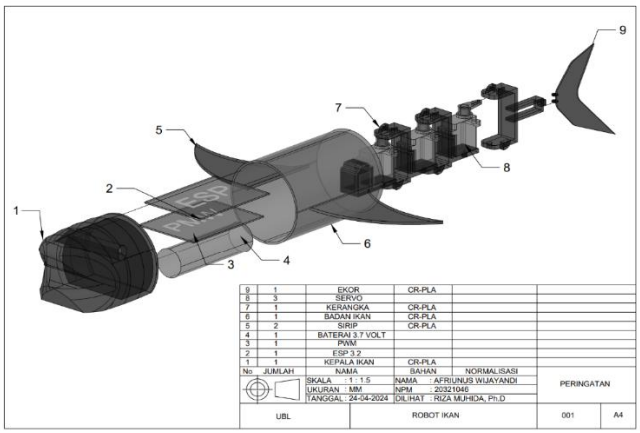
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk merancang dan mengembangkan robot ikan berbasis servo motor dengan ESP32 sebagai pengendali utamanya. Proses dimulai dengan merancang tubuh robot ikan menggunakan software CAD (Computer-Aided Design), kemudian mencetaknya menggunakan 3D printer dengan bahan CR-PLA yang memiliki kekuatan mekanis yang baik dan tahan air. Setelah tubuh robot selesai dicetak, komponen elektronik, seperti ESP32, motor servo tahan air, dan sensor DHT11, dirakit dan dihubungkan sesuai skema rangkaian yang telah disiapkan.

Langkah selanjutnya adalah memprogram ESP32 untuk mengendalikan gerakan servo motor yang menggerakkan ekor dan sirip robot. Pemrograman ini juga mengintegrasikan sensor DHT11 untuk memantau suhu dan kelembaban lingkungan, serta sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan di sekitar robot. Sistem ini dikendalikan secara jarak jauh menggunakan aplikasi Dabble melalui koneksi Bluetooth.

Pengujian dilakukan di kolam air untuk mengevaluasi kinerja robot ikan dalam hal kecepatan, stabilitas, dan respons terhadap kontrol jarak jauh. Stabilitas robot diuji dengan mengamati kemampuan robot untuk tetap mengapung di air dan menjaga arah gerakan. Selain itu, dilakukan uji kebocoran untuk memastikan bahwa komponen elektronik tetap kering dan terlindungi selama operasi di bawah air.

Metode ini melibatkan serangkaian pengujian performa dan optimasi desain untuk memastikan robot ikan mampu bergerak secara efektif dan realistis di lingkungan air.

2.3. Rencana Desain



Gambar 2. Desain dan Rangka Tubuh Robot Ikan

Desain rangka robot ikan yang dibuat menggunakan software CAD dengan fokus pada aerodinamika dan efisiensi gerak di dalam air. Rangka ini dicetak menggunakan teknologi 3D printing dengan bahan CR-PLA, yang dipilih karena kekuatannya dalam mempertahankan bentuk dan ketahanan terhadap air selama pengoperasian di lingkungan bawah air.

2.4. Prosedur Kontroler.

Sistem kontroler robot ikan berbasis motor servo dan ESP32 terdiri dari beberapa tahap utama yang diatur secara berurutan. Prosedur ini dimulai dengan inisialisasi ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan motor servo melalui modul PWM (Pulse Width Modulation). Motor servo digunakan untuk menggerakkan ekor dan sirip robot, yang berfungsi sebagai alat propulsi untuk menghasilkan gerakan yang menyerupai ikan asli.

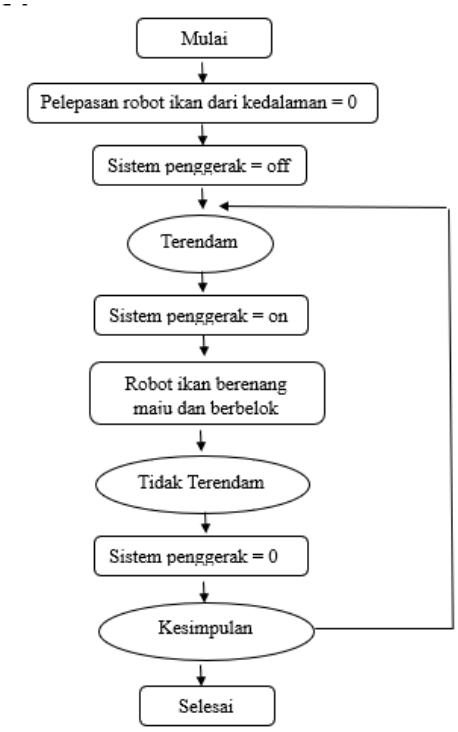
Langkah pertama dalam prosedur ini adalah mengaktifkan sistem kontrol, di mana ESP32 akan menerima data dari sensor lingkungan, seperti sensor ultrasonik dan DHT11. Data ini digunakan untuk menyesuaikan gerakan robot sesuai kondisi sekitar, misalnya menghindari rintangan atau mempertahankan suhu dan kelembaban yang stabil di sekitar robot.

Selanjutnya, sinyal kontrol dikirim dari ESP32 ke modul PWM yang mengatur kecepatan dan sudut putar motor servo. Gerakan motor servo ini menghasilkan pola renang yang menyerupai gerakan ikan, di mana frekuensi dan amplitudo gerakan ekor disesuaikan berdasarkan input sensor. Setelah menerima sinyal dari aplikasi Dabble

yang terhubung melalui Bluetooth, robot dapat dikendalikan dari jarak jauh untuk mengubah arah atau kecepatan geraknya.

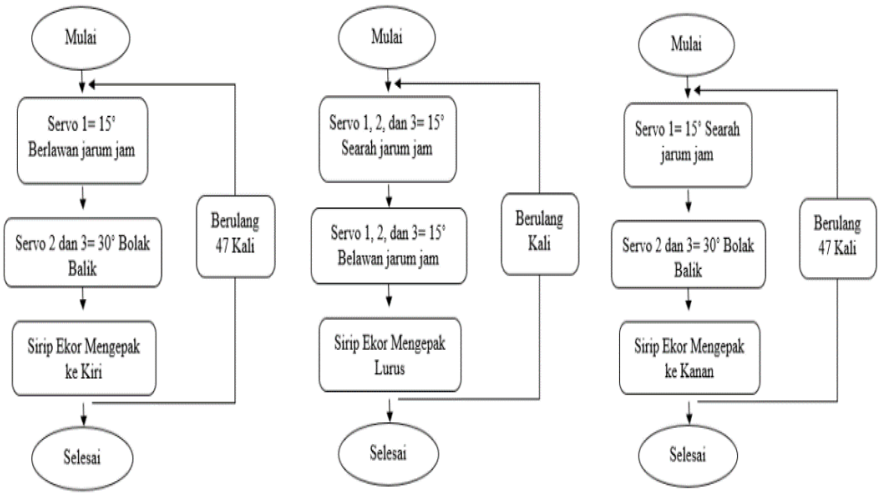
Seluruh proses dikontrol dalam sebuah loop tertutup, di mana data sensor terus dipantau untuk memastikan bahwa robot beroperasi sesuai dengan parameter yang diinginkan. Proses ini diulangi secara kontinu selama robot aktif, memungkinkan robot untuk bergerak secara otonom dan menanggapi perubahan lingkungan secara real-time.

Sistem kontroler ini dirancang untuk menjaga stabilitas robot di dalam air, memastikan robot dapat bergerak dengan efisien sambil menghindari rintangan dan menyesuaikan dengan kondisi lingkungan.



Gambar 3. Flowchart Pengujian Robot Ikan

Diagram Alir pengujian sistem robot ikan mulai dari inisialisasi, pemrosesan data sensor, hingga kontrol gerakan ekor dan sirip. Pengujian ini memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan parameter yang ditentukan, termasuk deteksi rintangan dan pengendalian gerakan jarak jauh menggunakan aplikasi Dabble.



Gambar 4. Flowchart Sistem Gerak Robot Ikan

Diagram alir yang menggambarkan proses pergerakan robot ikan, termasuk pengaturan kecepatan dan arah gerak yang diatur melalui motor servo. Sistem ini dikendalikan oleh ESP32 dengan algoritma gerak yang meniru pola renang alami ikan, memastikan pergerakan yang efisien dan stabil di dalam air.

2.5. Metoda Pengujian Kebocoran

Metode Pengujian Kebocoran dilakukan untuk memastikan bahwa komponen elektronik dalam robot ikan terlindungi dari air. Robot ikan direndam di dalam air untuk jangka waktu tertentu, kemudian dilakukan pemeriksaan visual untuk mendeteksi adanya kebocoran. Selain itu, semua sambungan dan area rawan kebocoran, seperti tempat pemasangan motor servo dan sensor, disegel menggunakan hot glue dan lem G sebelum uji coba. Pengujian diulangi beberapa kali untuk memastikan bahwa robot tetap kedap air selama operasi di lingkungan bawah air. Hasilnya dicatat untuk mengevaluasi keefektifan metode penyegelan yang digunakan.



Gambar 5. Pengujian Kebocoran Robot Ikan

Gambar ini menunjukkan proses pengujian kebocoran pada robot ikan, di mana robot direndam dalam air untuk menguji efektivitas penyegelan komponen elektronik. Seluruh bagian robot, terutama pada sambungan dan area sensitif seperti tempat pemasangan servo motor dan sensor, diuji untuk memastikan tidak ada air yang masuk. Pengujian ini dilakukan secara berulang guna memastikan robot tetap kedap air selama operasi di lingkungan bawah air.

2.6. Metode Pengujian Stabilitas

Pengujian dilakukan dengan mengamati gerakan robot saat bergerak maju, berbelok, dan saat diam. Parameter yang diuji meliputi kemampuan robot untuk tetap mengapung di permukaan air tanpa miring serta kestabilan gerakan ekor dan sirip dalam menjaga arah yang diinginkan. Pengujian ini juga mengevaluasi bahan yang digunakan untuk memastikan bahwa robot tidak tenggelam dan dapat beradaptasi dengan kondisi air yang berbeda.



Gambar 5. Pengujian Stabilitas Robot Ikan

Gambar ini menunjukkan proses pengujian stabilitas robot ikan di air, di mana robot diuji untuk memastikan kemampuannya mengapung dan bergerak tanpa kehilangan keseimbangan. Pengujian ini melibatkan pengamatan pada bagaimana robot mempertahankan posisi dan arah gerak saat bergerak maju, berbelok, atau diam, dengan fokus pada efisiensi gerakan ekor dan sirip dalam menjaga stabilitas selama operasi di dalam air.

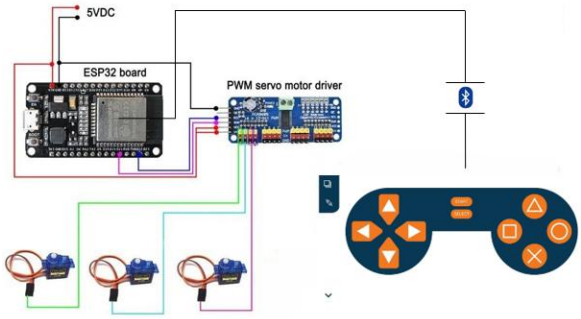
2.7. Skematik dan Koneksi

Dalam skema sistem kontrol robot ikan yang berbasis ESP32, komponen utama seperti motor servo, modul PWM Servo PCA9685 : ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali utama yang mengatur seluruh sistem robot ikan. Motor servo yang digunakan untuk menggerakkan ekor dan sirip dihubungkan ke modul PWM Servo PCA9685. Kabel VCC dari setiap motor servo disambungkan ke pin VCC pada driver PWM, sedangkan kabel GND dihubungkan ke pin GND pada driver tersebut. Sinyal kontrol dari motor servo diteruskan melalui channel-channel yang tersedia pada driver PWM (misalnya, channel 0 digunakan untuk kontrol ekor). Modul PWM Servo PCA9685 kemudian terhubung dengan ESP32 melalui pin digital. Pin SCL pada driver PWM disambungkan

ke pin D22 pada ESP32, sedangkan pin SDA dihubungkan ke pin D21. Pin GND dari driver juga dihubungkan ke GND ESP32, memastikan sistem memiliki jalur ground yang sama.

Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan sensor DHT11 dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kondisi lingkungan. DHT11, yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban, dihubungkan ke pin data digital pada ESP32, memungkinkan mikrokontroler untuk memantau perubahan lingkungan di sekitar robot ikan. Sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi rintangan juga dihubungkan ke pin digital ESP32, yang berperan dalam mengontrol perubahan arah gerakan robot.

Daya untuk seluruh sistem ini disuplai melalui power supply eksternal yang sesuai dengan kebutuhan tegangan masing-masing komponen. Modul PWM dan ESP32 menerima daya dari sumber 5V melalui pin Vin, memastikan bahwa servo motor mendapatkan cukup daya untuk beroperasi secara optimal. Kombinasi koneksi ini memungkinkan kontrol gerakan yang presisi, serta deteksi lingkungan yang efektif, sehingga robot dapat beroperasi secara otonom dan responsif terhadap kondisi sekitarnya.



Gambar 6. Skematik dan Koneksi Sistem Kontrol Robot Ikan

Diagram skematik ini menunjukkan koneksi antara ESP32, motor servo, modul PWM Servo PCA9685, dan sensor-sensor yang digunakan dalam sistem robot ikan. Koneksi ini mencakup pengaturan sinyal kontrol dari ESP32 ke motor servo melalui modul PWM, serta integrasi sensor DHT11 dan ultrasonik untuk memantau lingkungan dan mendeteksi rintangan.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Berdasarkan hasil pengujian robot ikan berbasis motor servo dan ESP32, robot ini menunjukkan kemampuan manuver yang baik di air. Pengujian gerak mengungkapkan bahwa robot mampu bergerak maju dan berbelok dengan lancar, meniru gerakan alami ikan. Kecepatan rata-rata yang dihasilkan juga cukup konsisten, meskipun terjadi

sedikit penurunan pada pengujian yang lebih lama. Hal ini dapat disebabkan oleh peningkatan resistansi air terhadap tubuh robot, menunjukkan bahwa desain aerodinamis masih dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk mengurangi hambatan dan meningkatkan efisiensi gerakan.

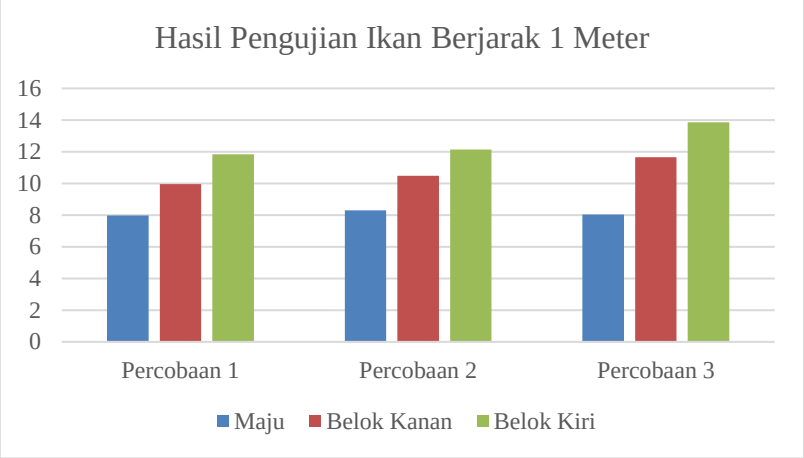
Dalam hal stabilitas, robot ikan mampu mempertahankan keseimbangan saat bergerak dan tetap mengapung tanpa mengalami masalah miring atau tenggelam. Distribusi berat yang seimbang serta pemilihan material yang tepat memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas ini. Namun, dalam kondisi air yang lebih dinamis atau dengan arus yang kuat, stabilitas perlu diuji lebih lanjut untuk memastikan robot tetap berfungsi optimal.

Tabel 1. Hasil Pengujian Gerak Robot Ikan

Bergerak (1m)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
Maju	7,98	8,31	8,03	8,10
Belok Kanan	9,96	10,49	11,66	10,70
Belok Kiri	11,83	12,14	13,86	12,61

Tabel ini menunjukkan hasil pengujian kecepatan gerak robot ikan dalam berbagai skenario, yaitu bergerak maju, belok kanan, dan belok kiri. Pengujian dilakukan tiga kali untuk setiap skenario, dan hasilnya disajikan dalam milidetik (ms). Rata-rata kecepatan gerak dihitung untuk mengukur konsistensi performa robot saat berada di air.

Pengujian kebocoran menunjukkan bahwa komponen elektronik terlindungi dengan baik dari air. Tidak ada air yang masuk selama pengujian berulang, menunjukkan bahwa metode penyegelan yang digunakan cukup efektif. Meski begitu, untuk kondisi lingkungan yang lebih ekstrem, seperti tekanan air yang lebih tinggi atau penggunaan jangka panjang, diperlukan peningkatan pada metode penyegelan untuk memastikan ketahanan jangka panjang. Dengan optimasi desain yang lebih lanjut, robot ikan ini memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi bawah air, baik untuk eksplorasi maupun studi lingkungan akuatik.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Gerak Robot Ikan untuk Jarak 1 Meter

Grafik ini menggambarkan kecepatan gerak robot ikan dalam tiga skenario pengujian: bergerak maju, belok kanan, dan belok kiri. Setiap skenario diuji tiga kali, dan hasilnya disajikan dalam milidetik (ms). Grafik ini menunjukkan bahwa kecepatan robot dalam berbelok cenderung lebih lambat dibandingkan saat bergerak maju, dengan variasi kecil pada setiap pengulangan pengujian.

3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian robot ikan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa robot mampu bergerak dengan baik di dalam air, termasuk dalam skenario bergerak maju dan berbelok ke kanan serta ke kiri. Pengujian menunjukkan bahwa kecepatan robot dalam bergerak maju lebih konsisten, dengan variasi kecepatan yang lebih kecil dibandingkan ketika robot berbelok. Gerakan belok ke kanan dan ke kiri cenderung lebih lambat, yang dapat mengindikasikan adanya peningkatan resistensi air terhadap gerakan robot saat melakukan manuver tersebut.

Dari grafik hasil pengujian, terlihat bahwa manuver belok kanan dan kiri membutuhkan waktu yang lebih lama, menunjukkan bahwa pengaturan kontrol servo motor untuk manuver belok mungkin memerlukan optimasi lebih lanjut. Meskipun demikian, stabilitas gerakan robot tetap terjaga, tanpa adanya indikasi ketidakstabilan atau kehilangan keseimbangan selama pengujian berlangsung.

Secara keseluruhan, performa robot dalam bergerak maju sangat memuaskan, namun untuk gerakan belok, diperlukan penyesuaian lebih lanjut pada kontrol motor servo agar manuver dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien. Optimasi tambahan pada desain aerodinamis tubuh robot juga dapat membantu mengurangi hambatan air dan meningkatkan kelincahan gerakan robot dalam melakukan manuver yang lebih kompleks.

4 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian pengembangan robot ikan berbasis ESP32 dan motor servo ini menunjukkan bahwa robot mampu bergerak dengan baik di dalam air, meniru gerakan alami ikan. Pengujian gerak mengungkapkan bahwa robot dapat melakukan berbagai manuver, seperti bergerak maju dan berbelok, meskipun terdapat sedikit variasi kecepatan pada saat robot melakukan manuver belok. Penggunaan motor servo yang terintegrasi dengan ESP32 sebagai pengendali utama terbukti efektif dalam menghasilkan gerakan yang presisi.

Stabilitas robot di dalam air juga sangat baik, dengan kemampuan untuk menjaga keseimbangan dan posisi saat bergerak maupun saat diam. Metode penyegelan menggunakan hot glue dan lem G berhasil melindungi komponen elektronik dari kebocoran air, memastikan robot dapat beroperasi dalam jangka waktu lama tanpa kerusakan. Namun, untuk penggunaan yang lebih ekstrem atau dalam kondisi air yang lebih dinamis, diperlukan optimasi lebih lanjut pada desain dan kontrol untuk meningkatkan performa gerak dan stabilitas.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menunjukkan potensi besar dari robot ikan ini dalam aplikasi bawah air, baik untuk eksplorasi maupun studi lingkungan akuatik. Dengan beberapa perbaikan pada desain dan sistem kontrol, robot ini dapat menjadi alat yang efisien dan andal dalam berbagai kondisi lingkungan air.

References

1. J. Z. Yu, M. Wang, H. F. Dong, Y. L. Zhang, and Z. X. Wu, "Motion control and motion coordination of bionic robotic fish: A review," Journal of Bionic Engineering, vol. 15, pp. 579–598, 2018. doi: 10.1016/j.jbe.2018.09.001.

2. W. S. Chu, K. T. Lee, S. H. Song, et al., "Review of biomimetic underwater robots using smart actuators," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 13, pp. 1281–1292, 2012. doi: 10.1007/s12541-012-0170-4.

3. P. Valdivia y Alvarado and J. Y. Tangorra, "Design of biologically inspired fish-like swimming robots," Journal of Bioinspiration & Biomimetics, vol. 1, no. 4, pp. 300–313, Nov. 2006. doi: 10.1088/1748-3182/1/4/001.

4. J. Ijspeert, "Central pattern generators for locomotion control in animals and robots: A review," Neural Networks, vol. 21, no. 4, pp. 642–653, May 2008. doi: 10.1016/j.neunet.2008.03.014.

5. R. Pfeifer, M. Lungarella, and F. Iida, "Self-organization, embodiment, and biologically inspired robotics," Science, vol. 318, no. 5853, pp. 1088–1093, Nov. 2007. doi: 10.1126/science.1145803.

6. M. Rusydi, R. Razif, "Review on development of robotic fish," Journal of Transport System Engineering, vol. 1, pp. 12–22, 2014.

7. M. S. Sfakiotakis, D. M. Lane, and J. B. C. Davies, "Review of fish swimming modes for aquatic locomotion," IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 24, no. 2, pp. 237–252, Apr. 1999. doi: 10.1109/48.757275.

8. D. Xia, W. S. Chen, J. K. Liu, and Z. Wu, "Effect of head swing motion on hydrodynamic performance of fishlike robot propulsion," Journal of Hydrodynamics, vol. 28, pp. 637–647, 2016. doi: 10.1016/S1001-6058(16)60656-1.

9. G. G. West, J. C. Slonczewski, and L. E. Oden, "Design and control of a biomimetic fish robot with an active flexible tail," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 23, no. 4, pp. 937–946, Aug. 2007. doi: 10.1109/TRA.2007.900856.

10. T. Nakano, A. J. Ijspeert, and H. Ogawa, "Robotic fish: Design, simulation, and experiments in controlling agile movements," Journal of Robotics Research, vol. 31, no. 10, pp. 1203–1221, Oct. 2012. doi: 10.1177/0278364912453804.