

PERANCANGAN ROBOT BAWAH AIR OTONOM BERTENAGA BATERAI MENGGUNAKAN SENSOR SONAR

Tonny Adetya Pratama¹⁾, Rahman Kurnia²⁾, Resdiansyah³⁾, Wulan Muchidayat⁴⁾,
Yohanes Galih Adhiyoga⁵⁾

^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia

⁴⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia

⁵⁾ Pusat Riset Telekomunikasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bandung, Indonesia

Corresponding author

E-mail: yoha019@brin.go.id



Diterima : 03/09/2023
Direvisi : 17/09/2023
Dipublikasi : 24/09/2023

Abstract: In this paper, an underwater autonomous robot that can be operated independently was developed in order to take part in the 2023 Indonesian Robot Contest. The development of this robot is expected to be used for exploration or data collection purposes in underwater environments. This project involved several important stages, including designing the main components, manufacturing the robotic chassis, determining the floating and diving mechanisms, and creating the program. In addition, motor and sensor tests has been carried out to ensure that the purchased components function properly. Through these advances, an effective and reliable underwater autonomous robots can be produced to achieve the desired goals. The purpose of this study is to make a positive contribution in the field of underwater technology and provide benefits to society.

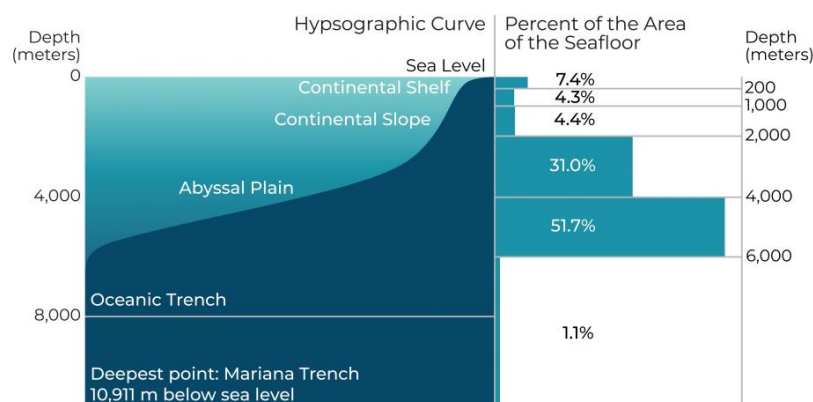
Abstrak: Pada paper ini sebuah robot bawah air otonom yang dapat dioperasikan secara mandiri telah dikembangkan untuk berpartisipasi dalam Kontes Robot Indonesia 2023. Pengembangan robot ini diharapkan dapat digunakan untuk tujuan eksplorasi atau pengumpulan data di lingkungan bawah air. Proyek ini melibatkan beberapa tahap penting, termasuk perancangan komponen utama, pembuatan rangka robot, penentuan mekanisme mengapung dan menyelam, serta pembuatan program. Selain itu, pengujian motor dan sensor juga dilakukan untuk memastikan bahwa komponen yang dibeli berfungsi dengan baik. Melalui kemajuan ini, sebuah robot bawah air otonom yang efektif dan andal dapat dikembangkan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Dimana tujuan dari pengembangan ini agar dapat memberikan kontribusi positif di bidang teknologi bawah air dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

Kata Kunci: robot otonom, wahana bawah air, sensor sonar, pemrograman arduino

PENDAHULUAN

Robot otonom bawah air telah menjadi bidang penelitian yang menarik dan berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Kemajuan dalam teknologi komputasi, mekanika, dan sensorik telah membuka peluang baru untuk mengembangkan robot yang dapat beroperasi secara mandiri di lingkungan laut yang menantang. Desain dan inovasi dalam robot otonom bawah air bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja robot, meningkatkan kemampuan adaptasi, dan memperluas potensi aplikasi dalam berbagai bidang.

Salah satu latar belakang dari dibutuhkannya robot otonom bawah air ialah eksplorasi laut. Lautan adalah salah satu lingkungan yang paling tidak terjamah di Bumi, dan banyak area di bawah permukaan laut yang belum dipelajari dengan baik (Ballard & Hively, 2017). Melalui penggunaan robot, peneliti dan ilmuwan dapat mengakses wilayah laut dan mempelajari kehidupan laut, topografi dasar laut, serta pola aliran dan kondisi lingkungan lainnya. Seperti pada Gambar 1, eksplorasi dasar laut penting karena saat ini hanya kurang dari 5% area dasar laut dari 92.6% dasar laut di bumi yang tereksplorasi (Bell et al., 2022). Hal ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang ekosistem laut dan dampak perubahan iklim.



Gambar 1. Kondisi bawah laut yang masih belum tereksplorasi.

Pemantauan lingkungan juga menjadi latar belakang penting dalam pengembangan robot otonom bawah air. Perubahan iklim dan aktivitas manusia seperti pengeboran lepas pantai, penambangan, dan polusi telah menyebabkan dampak negatif pada ekosistem laut. Robot otonom bawah air dapat digunakan untuk mengumpulkan data lingkungan secara real-time, seperti suhu air, kualitas air, tingkat keasaman, dan polutan lainnya (Bogue, 2015). Informasi ini penting untuk pemantauan dan pemahaman yang lebih baik tentang kesehatan ekosistem laut dan langkah-langkah yang diperlukan untuk konservasi dan perlindungan.

Selain itu, industri perikanan dan kelautan juga memperoleh manfaat signifikan dari desain dan inovasi robot otonom bawah air. Robot ini dapat digunakan untuk mendukung kegiatan perikanan, termasuk pemantauan stok ikan, penelitian perikanan, dan pengelolaan perikanan yang berkelanjutan (Koyama & Yonekura, 2018). Robot otonom juga dapat membantu dalam inspeksi dan perbaikan infrastruktur kelautan seperti instalasi pipa bawah laut dan fasilitas perminyakan. Dengan bantuan robot otonom, operasi ini dapat dilakukan dengan lebih efisien, aman, dan biaya efektif.

Pemanfaatan robot otonom bawah air juga memiliki peran penting dalam penyelamatan dan pemulihan bencana. Ketika terjadi kecelakaan kapal, kebocoran minyak, atau bencana alam seperti gempa bumi dan tsunami, robot otonom dapat digunakan untuk pencarian dan penyelamatan, pemantauan polusi, dan pemulihan struktur bawah air. Keberadaan robot otonom ini dapat meningkatkan efektivitas operasi penyelamatan dan meminimalkan risiko terhadap kegagalan operasi penyelamatan.

Pada penelitian ini, robot otonom bawah air dirancang dan dibuat dengan menggunakan sensor sonar sebagai alat navigasi utamanya. Robot memiliki kemampuan menyelam dan mengapung kembali secara adaptif. Robot ini dikendalikan oleh Arduino Mega 2560 yang menggerakkan empat buah motor thruster. Dua buah baterai yang masing-masing memiliki daya 2200 mAh digunakan sebagai sumber tenaga utama pada robot ini.

KAJIAN PUSTAKA

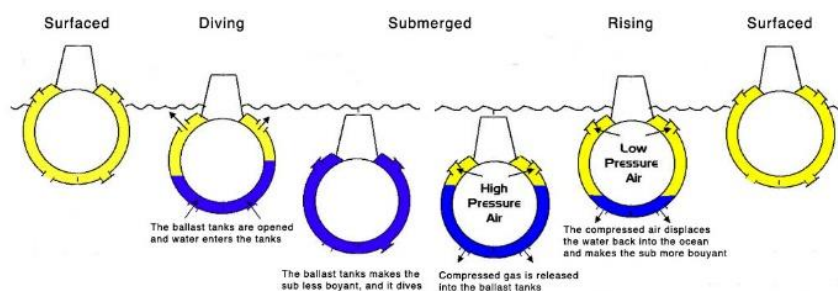
A. Konsep Perancangan

Konsep desain robot otonom bawah air dengan sistem ballast tank mengacu pada teknologi yang memungkinkan robot untuk mengontrol kecepatan dan kedalaman dengan mengatur berat atau massa air di dalam tangki ballast (Sumantr et al., 2008). Sistem ballast tank merupakan salah satu fitur kunci dalam desain robot otonom bawah air, karena memungkinkan robot untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas di bawah air, serta mengatur kedalaman dengan tepat untuk menjalankan tugas-tugas tertentu.

Sistem ballast tank biasanya terdiri dari beberapa tangki yang dapat diisi dengan air atau udara untuk mengatur berat dan massa robot. Saat tangki diisi dengan air, massa robot akan meningkat dan robot akan tenggelam ke kedalaman yang lebih rendah (Gambar 2). Sebaliknya, saat tangki dikosongkan, massa robot akan berkurang dan robot akan naik ke permukaan air (Antonio, 2022). Perangkat keras dan sistem kontrol yang tepat sangat penting

untuk memastikan tangki ballast berfungsi dengan baik dan robot dapat mengatur kedalaman dan keseimbangan dengan akurat.

Dalam desain robot otonom bawah air dengan sistem ballast tank, robot biasanya dilengkapi dengan sensor yang dapat membantu robot untuk mengukur kedalaman dan ketinggian air, serta mendeteksi perubahan lingkungan lainnya seperti suhu, tekanan, dan kelembaban air. Sensor ini dapat membantu robot untuk mengambil keputusan yang tepat dan mengontrol sistem ballast tank dengan lebih efektif.



Gambar 2. Cara kerja sistem ballast tank (Antonio, 2022)

Keuntungan dari desain robot otonom bawah air dengan sistem ballast tank adalah kemampuan robot untuk mengontrol kedalaman dengan lebih akurat dan menjalankan tugas-tugas yang lebih kompleks di bawah air. Sistem ballast tank juga memungkinkan robot untuk mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan masa hidup baterai, karena robot dapat bergerak secara efisien di kedalaman yang tepat dan menghindari penggunaan energi berlebihan untuk bergerak ke atas dan ke bawah.

B. Struktur dan Komponen

Struktur dan komponen robot otonom bawah air tim UNDIRA-Bot memiliki enam poin utama, yaitu rangka, sensor, sistem propulsi, sistem kontrol, dan baterai. Badan atau rangka merupakan bagian utama yang menjadi "kerangka" robot. Badan robot ini terbuat dari bahan PLA yang dilapisi dengan epoxy agar dapat tahan air dan awet berada di dalam air. Rangka robot ini terdiri dari 5 bagian yang saling terpisah yang dapat disatukan menggunakan mur-baut (Cook, 2020). Rangka ini dicetak menggunakan printer 3 dimensi dengan bahan PLA warna putih dengan infill 15% dan resolusi 0.4 mm.

Sensor merupakan komponen penting dalam robot otonom bawah air. Sensor digunakan untuk mendeteksi lingkungan sekitar robot, kedalaman, suhu air, dan kelembaban. Sensor yang digunakan pada robot ini ialah dua buah sensor sonar MaxBotix 7389 HRXL

(MaxBotix, 2021) yang salah satunya ditempatkan di bagian depan robot dan satu lainnya di bagian bawah robot.

Sistem ballast tank: sistem ballast tank digunakan untuk mengatur berat atau massa robot sehingga dapat mengontrol kedalaman dan ketinggian robot di bawah air. Sistem ballast tank terdiri dari beberapa tangki yang diisi air atau udara dengan intensitas tertentu sebagai mekanisme untuk mengapung atau menyelam.

Propulsi atau mesin penggerak digunakan untuk menggerakkan robot di bawah air. Propulsi yang digunakan pada robot ini menggunakan motor DC 12V yang terhubung dengan baling-baling atau propeler sebagai sumber tenaga pendorong utama robot di bawah air. Propulsi ini erat hubungannya dengan sistem kontrol yang terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras untuk mengontrol robot. Perangkat pengendali yang digunakan ialah Arduino Mega 2560 (Arduino, 2023) yang diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Adapun kontrol yang ditanamkan dalam mikrokontroler ini meliputi pemrosesan data dari sensor, mengatur gerakan robot, serta mengontrol kecepatan, arah, dan kedalaman robot.

Pada robot ini baterai digunakan sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor penggerak, sistem kontrol, dan sistem sensor pada robot otonom bawah air. Baterai harus tahan air dan memiliki masa hidup yang cukup untuk memungkinkan robot menjalankan tugasnya di bawah air dalam jangka waktu yang lama. Pada robot ini digunakan Baterai tipe Lithium - Polimer dengan kapasitas 2200 mAh.

C. Sistem Kendali dan Navigasi

Sistem kendali pada robot otonom bawah air sangat penting untuk mengontrol gerakan dan posisi robot sehingga dapat menjalankan tugasnya dengan tepat di bawah permukaan air. Salah satu komponen utama dalam sistem kendali adalah thruster atau motor penggerak yang digunakan untuk menggerakkan robot. Untuk operasi di bawah air, thruster yang digunakan pada robot otonom harus tahan air dan mampu menghasilkan daya yang cukup untuk mengatasi hambatan air yang cukup besar. Salah satu jenis thruster yang digunakan pada robot otonom bawah air adalah Underwater Thruster. Berikut adalah beberapa detail mengenai sistem kendali robot otonom bawah air menggunakan Underwater Thruster.

Underwater Thruster digerakkan oleh motor brushless DC yang mampu menghasilkan daya yang cukup besar untuk menggerakkan robot otonom bawah air. Motor brushless DC juga tahan terhadap korosi karena terbuat dari bahan non-logam. Underwater Thruster dilengkapi dengan propeller yang dirancang khusus untuk menghasilkan gaya dorong yang optimal di

dalam air. Propeller ini juga dirancang untuk mengurangi turbulensi dan suara yang dihasilkan saat beroperasi di bawah air.

Underwater Thruster dilengkapi dengan sistem kontrol elektronik yang dapat diatur untuk mengatur kecepatan dan arah gerakan thruster. Sistem kontrol ini juga dapat dihubungkan dengan sistem kendali robot otonom untuk mengontrol gerakan dan posisi robot. Underwater Thruster juga dapat dipasang dengan sensor posisi dan kecepatan yang dapat memberikan informasi tentang kecepatan dan posisi robot. Informasi ini dapat diolah oleh sistem kendali untuk mengatur gerakan dan navigasi robot. Underwater Thruster juga dilengkapi dengan sistem pendingin yang dapat mendinginkan motor dan elektronik yang ada di dalamnya saat beroperasi di bawah air.

Sistem navigasi pada robot otonom bawah air sangat penting untuk memungkinkan robot melakukan pergerakan dan menjalankan tugasnya dengan tepat di bawah permukaan air. Salah satu jenis sensor yang digunakan dalam sistem navigasi adalah sensor sonar. Sensor sonar adalah sensor yang bekerja dengan memancarkan gelombang suara dan menerima pantulan gelombang tersebut untuk mendeteksi objek di sekitarnya.

Sensor sonar yang umum digunakan pada robot otonom bawah air adalah jenis MB7389 HRXL. Sensor sonar ini menggunakan teknologi sonar ping single beam, yaitu teknologi sonar yang memancarkan gelombang suara dalam satu arah atau beam sehingga dapat memberikan informasi tentang jarak dan lokasi objek secara akurat. Berikut adalah beberapa detail mengenai sistem navigasi robot otonom bawah air menggunakan sensor sonar MB7389 HRXL:

Sensor sonar MB7389 HRXL dilengkapi dengan 3 mode operasi yang dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan, yaitu mode range finder, mode ping dan mode auto-tuning. Mode range finder digunakan untuk mengukur jarak dari sensor ke objek di sekitarnya, sedangkan mode ping digunakan untuk memancarkan gelombang sonar ke sekitar sensor untuk mendeteksi objek. Mode auto-tuning digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sensor pada lingkungan yang berbeda.

Sensor sonar MB7389 HRXL memiliki kemampuan untuk mendeteksi objek pada jarak hingga 10 meter di depan robot. Hal ini memungkinkan robot untuk mendeteksi rintangan dan menghindarinya secara otomatis. Sensor sonar MB7389 HRXL dapat menghasilkan data dalam format serial TTL atau PWM. Data ini dapat diolah oleh sistem kontrol pada robot untuk mengatur gerakan dan navigasi robot. Sensor sonar MB7389 HRXL juga dilengkapi dengan filter digital untuk menghilangkan gangguan atau noise yang dapat mempengaruhi akurasi

pengukuran. Selain itu, sensor sonar MB7389 HRXL juga dapat dipasang pada gimbale atau sistem yang dapat diputar, sehingga dapat memindai area di sekitar robot secara lebih luas.

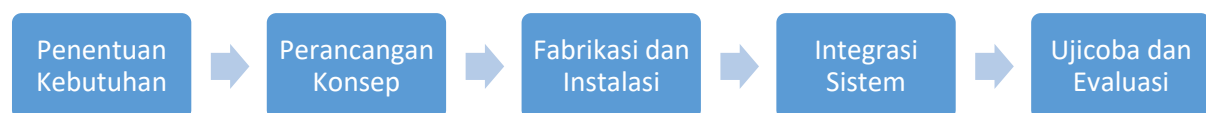
Secara keseluruhan komponen utama yang digunakan pada robot otonom bawah air ini disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen utama penyusun robot otonom bawah air

No	Komponen	Jumlah	Spesifikasi
1.	Sensor Sonar	2	MB7389 HRXL
2.	Baterai	2	Lipo eXtreme 2200 mAh
3.	Board Pengendali Utama	1	Arduino Mega 2560
4.	Driver Motor	1	JYQD-V7
5.	Power Board Controller	1	Matek V2
6.	Motor Pendorong	4	Underwater Thruster

METODE PENELITIAN

Suatu karya apapun bentuknya pasti harus didahului dengan perencanaan yang matang. Begitu juga dalam pembuatan robot otonom bawah air ini, dimana proses pengembangannya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan pembuatan robot otonom bawah air

Pada tahap penentuan kebutuhan dilakukan identifikasi kebutuhan dan tujuan dari pengembangan robot otonom bawah air. Pada tahap ini, perlu ditentukan tugas dan fungsionalitas yang diinginkan dari robot tersebut, seperti apakah robot tersebut akan digunakan untuk pengumpulan data lingkungan, inspeksi struktur bawah air, atau untuk tujuan lainnya. Setelah kebutuhan dan tujuan telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah merancang konsep robot otonom bawah air. Pada tahap ini, perlu mempertimbangkan faktor seperti ukuran robot, bahan, daya tahan baterai, dan sistem kendali yang akan digunakan.

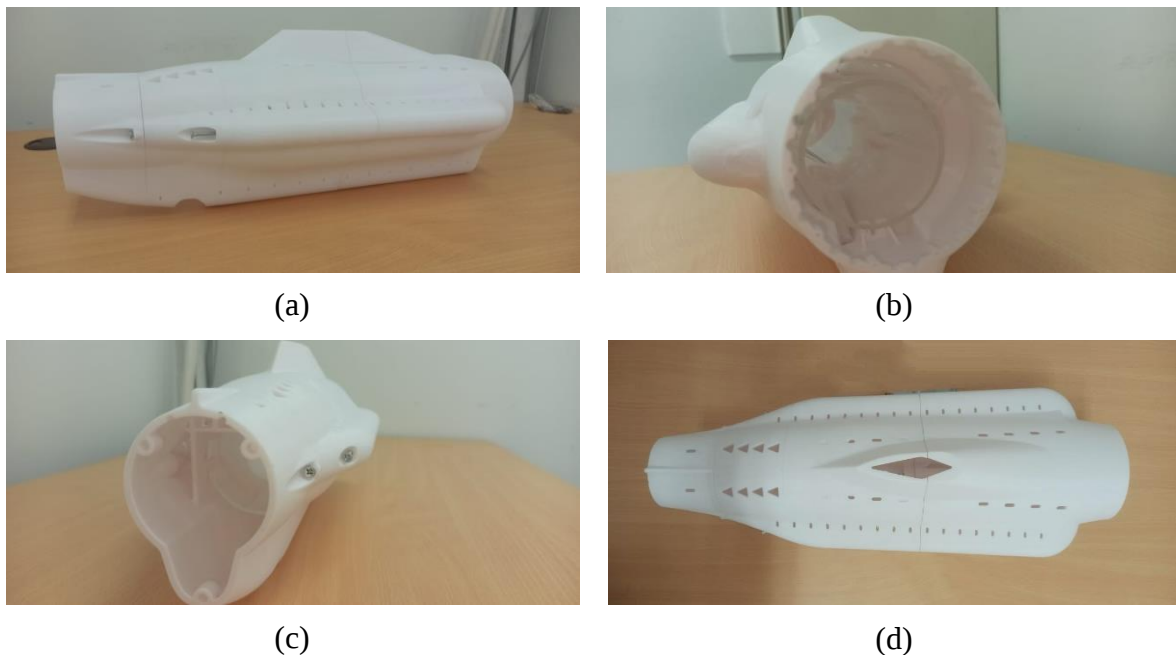
Setelah konsep ditetapkan, tahap selanjutnya adalah merancang dan mengembangkan robot otonom bawah air tersebut. Pada tahap ini, perlu memilih teknologi dan bahan yang tepat untuk membangun robot, serta melakukan uji coba per bagian terhadap prototipe yang telah dibuat. Selanjutnya pada tahap integrasi sistem melibatkan penggabungan dan pengujian

komponen robot otonom bawah air. Hal ini melibatkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk memungkinkan robot beroperasi secara otonom di bawah air.

Setelah integrasi sistem selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan uji coba keseluruhan dan evaluasi terhadap robot otonom bawah air tersebut pada lingkungan yang sebenarnya. Pada tahap ini, perlu mengevaluasi kinerja robot dalam melakukan tugas-tugas yang telah ditentukan, seperti keakuratan dan ketepatan dalam pengumpulan data lingkungan, atau kemampuan untuk melakukan inspeksi struktur bawah air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini robot otonom bawah air telah selesai dibuat sampai tahap integrasi sistem, yang diawali dengan pembuatan rangka robot bawah air. Adapun desain rangka mengacu pada (Cook, 2020) dengan penambahan-penambahan bagian untuk mendukung otomasi pergerakan robot. Bentuk sasis yang telah dibuat tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pembuatan sasis robot (a) Tampak samping, (b) Tampak depan, (c) Tampak belakang, (d) Tampak atas

Seperti yang sudah dipaparkan pada bagian sebelumnya, mekanisme penyelaman dan terapung kembali robot menggunakan sistem ballast tank, dimana di dalam sasis robot terdapat suatu tabung kedap air yang menyimpan tangki sebagai tempat memasukkan air, yang sekaligus sebagai tempat dimana kontroler dan baterai diletakkan. Tabung ini terbuat dari bahan akrilik yang di kedua ujungnya dapat dibuka tutup untuk memudahkan proses

perakitan. Komponen-komponen yang digunakan dalam ballast tank ini ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Komponen penyusun ballast tank

Sebagai tempat air, suntikan besar dengan kapasitas air 100 ml sebanyak dua buah digunakan yang mekanisme pergerakan katupnya digerakkan oleh motor DC. Air dari luar tabung dialirkan ke suntikan ini melalui selang transparan. Tabung pengatur ballast tank yang masih dalam proses pengerjaan ini ditunjukkan pada Gambar 6.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. (a) Water tank dari suntikan 100 ml, (b) Submersible water pump, (c) Sambungan antara motor dengan long drat yang terhubung dengan katup, (d) Sambungan antara selang dengan water tank

Proses pembuatan program untuk menjalankan berbagai perintah dalam robot otonom bawah air bukan menjadi hambatan yang besar dalam tim. Pemrograman ini disebut mudah karena telah ditentukan dari awal bahwa sebagai pengendali utama robot akan digunakan board

Arduino Mega 2560 yang mana board ini dapat dengan mudah dibuat kode programnya menggunakan software Arduino IDE (Hylén, 2023).

Pada pemrograman robot ini terdapat lima bagian subprogram dimana program utamanya yang merupakan urutan pergerakan robot dituliskan sebagai berikut.

```
int main()
{
    AutonomousUnderwaterRobot robot;
    // Menggerakkan robot
    robot.moveForward();
    robot.turnLeft();
    robot.moveForward();
    robot.turnRight();
    robot.moveBackward();
    return 0;
}
```

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan robot otonom bawah air dengan sistem ballast tank telah mencapai tahap integrasi sistem dan uji coba per bagian sistem. Proses pengembangan ini melibatkan beberapa tahapan penting, dimulai dari penentuan kebutuhan, desain konsep, perancangan dan pengembangan, hingga integrasi sistem dan uji coba. Setiap tahap bertujuan untuk memastikan robot mampu mengontrol kedalaman dan keseimbangan dengan akurat serta menjalankan tugas-tugas kompleks di bawah air.

Hingga tahap integrasi sistem, berbagai komponen seperti sensor kedalaman, suhu, tekanan, dan kelembaban telah dipasang dan diuji secara terpisah untuk memastikan fungsionalitas masing-masing. Uji coba per bagian sistem menunjukkan bahwa sistem ballast tank dapat berfungsi dengan baik dalam mengatur kedalaman robot dengan presisi.

Secara keseluruhan, integrasi sistem dan uji coba per bagian sistem menunjukkan hasil yang positif dan menjanjikan. Robot otonom bawah air yang dilengkapi dengan sistem ballast tank memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk eksplorasi laut dalam, pemantauan lingkungan, penelitian ilmiah, dan operasi keamanan maritim.

DAFTAR RUJUKAN

- Antonio. (2022). *The Importance Of Ballast Tanks And Diving Planes In Submarines*.
<https://www.ussjpkennedyjr.org/the-importance-of-ballast-tanks-and-diving-planes-in-submarines/>
- Arduino. (2023). *Arduino® MEGA 2560 Rev3*.
<https://docs.arduino.cc/static/b7ae6c69df1033e75b1a59c97fd8665c/A000067->

datasheet.pdf

- Ballard, R. D., & Hively, W. (2017). *The eternal darkness: a personal history of deep-sea exploration* (Vol. 50). Princeton University Press.
- Bell, K. L. C., Chow, J. S., Hope, A., Quinzin, M. C., Cantner, K. A., Amon, D. J., Cramp, J. E., Rotjan, R. D., Kamalu, L., & de Vos, A. (2022). Low-cost, deep-sea imaging and analysis tools for deep-sea exploration: a collaborative design study. *Frontiers in Marine Science*, 9, 873700.
- Bogue, R. (2015). Underwater robots: a review of technologies and applications. *Industrial Robot: An International Journal*.
- Cook, R. (2020). *Radio Controlled Subnautica Cyclops Submarine HULL*. <https://www.thingiverse.com/thing:4560120>
- Hylén, K. S. & J. (2023). *Getting Started with Arduino IDE 2*. <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/getting-started-ide-v2>
- Koyama, T., & Yonekura, T. (2018). Development and Experimental Results of Underwater Robot for Land Aquaculture Use. *2018 OCEANS-MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans (OTO)*, 1–4.
- MaxBotix. (2021). *HRXL-MaxSonar® - WR™ Series*. <https://maxbotix.com/pages/hrxl-maxsonar-wr-datasheet>
- Sumantr, B., Karsiti, M. N., & Agustiawan, H. (2008). Development of variable ballast mechanism for depth positioning of spherical URV. *2008 International Symposium on Information Technology*, 4, 1–6.