

RANCANG BANGUN MINI ROV DENGAN PENGGUNAAN PWM SPEED CONTROLLER MODULE SEBAGAI SISTEM KENDALI

DESIGN AND BUILD MINI ROV USING PWM SPEED CONTROLLER MODULE AS A CONTROL SYSTEM

Arif Baswantara^{1*}, Lulut Alfaris¹, Anas Noor Firdaus¹, Rikha Bramawanto²,
Batih Shendy Capri Hareva¹, & Miranda Putri¹

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran,
Pangandaran, 46396, Indonesia

²Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, OR Kebumian Maritim BRIN, Bandung, Indonesia

*E-mail : baswantara@pkpp.ac.id

ABSTRACT

Remotely Operated Vehicle (ROV) is an underwater vehicle or robot designed to able to move in the water. The increasing need for ROV in the future will require an ROV that is easy to build and operate. This study aims to design and build an ROV that is easy to manufacturing and easy to operate, which can be used for observation purposes in the future. The ROV designed with dimensions of length was 311,89 mm, width was 240 mm and height was 180 mm. ROV had three thruster motors with Pulse Width Modulation (PWM) Speed Controller Module as a control system. The ROV test were conducted motion tests and maneuvering tests, with the results shown that the ROV had an average forward speed of 0,26 m/s with the turning time was 6,3 s for 180° to portside, 6,7 s for 180° to starboard and time for circular motion was 8,2 s. The ROV's motion test and maneuvering test showed good results, so that further development plans for this ROV can be carried out.

Keywords: *maneuvering tests, Pulse Width Modulation, PWM, Remotely Operated Vehicle, ROV*

ABSTRAK

Remotely Operated Vehicle (ROV) merupakan sebuah wahana atau robot bawah air yang dirancang untuk mampu bergerak di dalam air. Permintaan ROV diprediksi akan semakin meningkat dimasa yang akan datang, karenanya perlu direspons dengan penyediaan suatu ROV yang mudah untuk dibangun dan dioperasikan. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membangun suatu ROV yang mudah untuk diikuti proses pembuatannya dan mudah untuk dioperasikan sehingga ke depannya dapat dimanfaatkan untuk keperluan observasi. Remotely Operated Vehicle dirancang dengan dimensi panjang 311,89 mm, lebar 240 mm dan tinggi 180 mm. Remotely Operated Vehicle memiliki tiga motor penggerak dengan Pulse Width Modulation (PWM) Speed Controller Module sebagai sistem kendali. Pengujian ROV dilakukan meliputi uji pergerakan dan uji manuver, dengan hasil menunjukkan bahwa ROV memiliki rata-rata kecepatan maju 0,26 m/s dengan waktu berputar 180° menuju portside selama 6,7 s dan berputar 180° menuju starboard selama 6,3 s, serta gerakan melingkar selama 8,2 s. Uji pergerakan dan manuver ROV menunjukkan hasil yang baik, sehingga rencana pengembangan lebih lanjut dari ROV ini dapat terus dilakukan.

Kata Kunci: *Pulse Width Modulation, PMW, Remotely Operated Vehicle, ROV, uji manuver*

I. PENDAHULUAN

Wahana bawah air secara umum dikenal sebagai setiap jenis kelas kendaraan yang dimaksudkan untuk beroperasi di lingkungan bawah air. Wahana bawah air ini dapat diawaki, dioperasikan dari jarak jauh

atau bersifat otonom atau *autonomous*. Saat ini, wahana bawah air terbagi menjadi dua kelompok utama, *Manned Underwater Vehicle* dan *Unmanned Underwater Vehicle* (UUVs). *Manned Underwater Vehicle* lebih dikenal dengan *Remotely Operated Vehicles* (ROVs) dan UUVs lebih dikenal dengan

Autonomous Underwater Vehicles (AUV). Menurut US Navy's UUV Master Plan, *Unmanned Underwater Vehicle* (UUVs) merupakan kapal selam dengan *self-propelled* yang dioperasikan sepenuhnya secara otonom (terprogram atau minimal di bawah pengawasan kontrol) dan tidak ditambatkan. Perbedaan antara AUV dan ROV adalah pada ada atau tidaknya kabel komunikasi antara wahana yang ada di dalam air dengan permukaan (Christ & Wernli, 2014).

Sistem ROV modern membagi beberapa tipe ROV berdasarkan ukuran, bentuk kemudi, daya dan kemampuan menyelam (Wu, 2017). Tipe ROV dengan sistem elektrik dikenal sebagai *Observation Class* dengan kemampuan penyelaman hingga 3000 m, sedangkan tipe ROV yang menggunakan sistem elektrik dan hidrolis dikenal sebagai *Moderate Intensity Operation Class* dan *High Strength Class* dengan kemampuan penyelaman hingga lebih dari 3000 m. Khusus *Observation Class ROVs* (OCROVs) menjadi yang paling populer hingga saat ini. Pada tingkat industri, OCROVs bahkan didominasi oleh *small low-cost ROVs* (LCROV). *Observation Class ROVs* mampu melakukan beberapa tugas operasional antara lain survei, inspeksi dan intervensi serta pengiriman dan penggabungan sensor (Wernli & Christ, 2019).

Remotely Operated Vehicle (ROV) saat ini banyak yang telah dilengkapi dengan kamera, GPS, bahkan lengan manipulator dengan tujuan untuk melaksanakan kegiatan eksplorasi bawah air (Castro *et al.*, 2019; Koch & Leichty, 2019). Sebagai kontrol olahgerak, ROV saat ini juga telah menggunakan *fuzzy logic controllers* dan *proportional-integral-derivative* (PID) *controllers* (Kadir *et al.*, 2018; Sugandi *et al.*, 2021). Pada bagian permukaan, sistem kendali ROV telah menggunakan *remote control*, *joypad*, serta ada juga yang

menggunakan *compact remotely operated underwater vehicles* (GNOM) (Ogurtsov *et al.*, 2016). Salah satu komponen yang dapat dengan mudah digunakan sebagai sistem kendali sederhana ROV adalah *Pulse Width Modulation (PWM) Module*.

Perkembangan ROV yang terus berjalan mengindikasikan bahwa teknologi ini kedepannya akan memulai permintaan dan produksinya yang besar. Sebagai contoh adalah kegiatan *mariculture*, ROV kedepannya sangat dibutuhkan dalam proses persiapan dan operasional kegiatan budidaya (Effendi, 2019). Proses pembuatan ROV yang mudah untuk diikuti dengan penggunaan komponen yang mudah untuk dioperasikan, menjadi target selanjutnya demi mendukung kebutuhan yang besar dimasa yang akan datang.

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan teknik modulasi untuk menghasilkan variabel lebar pulsa yang mampu merepresentasikan amplitudo dari suatu sinyal analog. *Pulse Width Modulation* (PWM) dapat diaplikasikan untuk mengontrol kecepatan motor DC pada ROV, dan penggunaan *PWM Speed Controller Module* langsung sebagai sistem kendali akan membuat kebutuhan akan ruang lebih kecil sehingga dapat memperoleh desain kontrol ROV yang lebih simpel. *Pulse Width Modulation* (PWM) mampu mengatur frekuensi sinyal yang dikirimkan ke motor DC sehingga lebih stabil dan efisien (Christ & Wernli, 2014; Raza *et al.*, 2016).

Riset ini memiliki tujuan membuat rancang bangun mini ROV yang kedepannya dapat dikembangkan menjadi OCROVs yang mudah untuk diikuti proses pembuatannya dan mudah untuk dioperasikan. Sistem kendali yang digunakan adalah *PWM Speed Controller Module*, dan riset ini juga akan menguji kemampuan manuver dari ROV yang telah dibangun.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Perancangan ROV

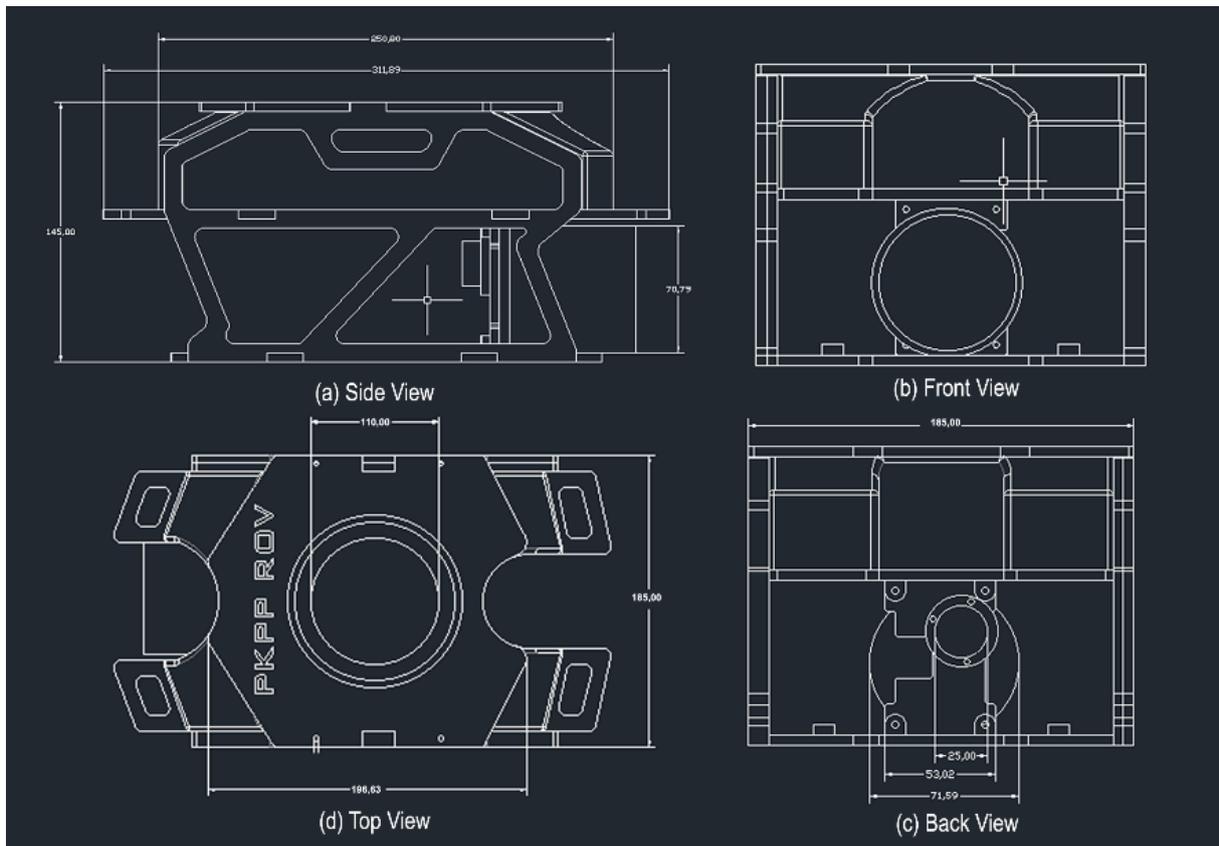
Remotely Operated Vehicle (ROV) dirancang dengan menggunakan bahan akrilik dalam pembuatan rangkanya. Desain dibuat dalam bentuk 2D dan juga 3D. Pada proses sketsa, format 2D didesain dengan bidang acuan sumbu X dan sumbu Y, serta format 3D didesain dengan bidang acuan sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Desain rangka ROV terinspirasi dari desain Raja Ampat ROV milik PT. Robomarine Indonesia, pembuatan desain dan rangka ROV ini juga dilakukan di sana. Desain 2D dapat dilihat pada Gambar 1 dan desain 3D dapat dilihat pada Gambar 2.

Bagian penting pada ROV ini antara lain adalah rangka, motor penggerak, sistem pelampung, sistem komunikasi, lampu, sistem kendali dan sumber energi. Rangka ROV terbuat dari bahan akrilik dengan tebal

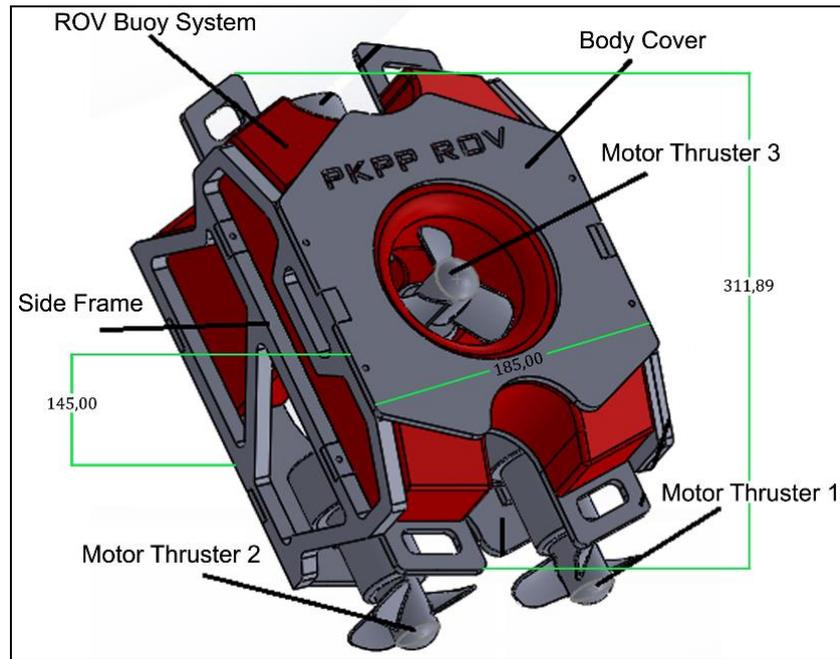
5 mm. Motor penggerak terbuat dari bilge pump 1100 GPH. Sistem pelampung menggunakan *hard styrofoam*. Sistem komunikasi menggunakan kabel jenis AWG dengan lampu menggunakan LED. Sistem penggerak menggunakan PWM *Speed Controller Module*. Sumber energi menggunakan power supply 12 V.

2.2. Uji Gerak dan Manuver

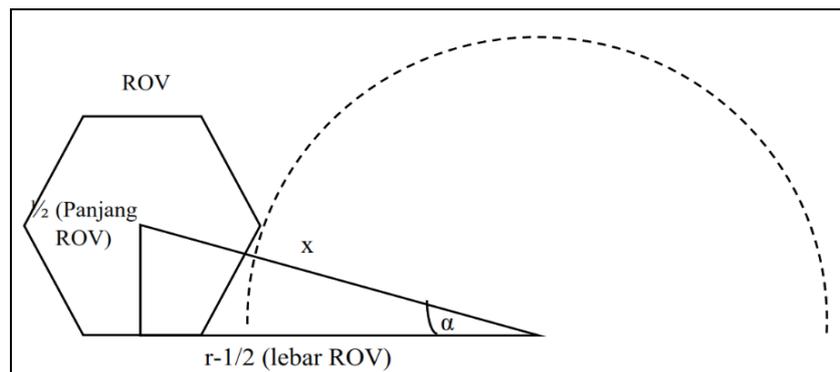
Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut, dan hal ini berlaku juga untuk ROV (Fossen, 2014). *Seakeeping* yang diuji dalam riset ini yaitu *Surge* (gerakan sejajar sumbu x dan terjadi saat gerakan maju dan mundur), *Heave* (gerakan sejajar sumbu z dan terjadi saat gerakan naik dan turun) dan *Yaw* (gerakan mengelilingi sumbu z dan terjadi saat gerakan memutar).



Gambar 1. Desain ROV tampak samping (a), depan (b), belakang (c) dan atas (d).



Gambar 2. Desain ROV 3D.



Gambar 3. Metode uji gerakan melingkar.

Selain menguji gerakan ROV, ikut diuji juga manuver dari ROV. Uji manuver pada ROV dilakukan untuk mengetahui stabilitas dan performa dari ROV yang telah dibuat (Triantafyllou & Hover, 2003). Uji manuver yang dilakukan pada riset ini adalah uji kecepatan dan uji gerakan melingkar. Uji kecepatan dilakukan dengan mencatat waktu tempuh yang dibutuhkan ROV untuk bergerak pada satu garis lurus hingga mencapai jarak 100 cm. Uji gerakan melingkar dilakukan dengan memutar ROV hingga 360 derajat untuk mengetahui

turning radius dan kecepatan putar dari ROV tersebut.

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi dari pengujian gerakan melingkar dari ROV, r merupakan jari-jari lintasan dan x merupakan jarak pusat lintasan ke pusat ROV. Sudut α dihitung menggunakan persamaan cosinus.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konstruksi ROV

Proses konstruksi ROV diawali dengan perancangan dan analisis perangkat

lunak terlebih dahulu. Analisis perangkat lunak dari desain yang dirancang meliputi *mass properties* dan *center of gravity*. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1. Material yang digunakan dalam pembuatan rangka ROV ini adalah akrilik dengan ketebalan 5 mm, dan evaluasi parameter dari rangka akrilik ROV dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. *Mass Properties* dari ROV.

No	Deskripsi	Nilai
1	Massa	3079,95 gr
2	Volume	3079946,75 mm ³
3	Area Permukaan	530567,82 mm ²
4	<i>Center of gravity</i>	X : 23,21 mm Y : 92,49 mm Z : 13,76 mm

Tabel 2. Evaluasi parameter rangka dari ROV.

No	Deskripsi	Nilai
1	Modulus Elastis	3000 N/mm ²
2	<i>Rasio Poisson</i>	0,35 N/A
3	<i>Shear Modulus</i>	890 N/mm ²
4	<i>Massa Density</i>	1200 kg/m ³
5	Kekuatan Tarik	73 N/mm ²
6	Konduktivitas Termal	0,21 W/m.K
7	Panas Spesifik	1500 J/kg.K

Sistem penggerak dari ROV menggunakan *bilge pump* dengan sedikit modifikasi dengan penambahan propeller terbuka sebagai *motor thruster*. *Bilge pump* memiliki spesifikasi 1100 GPH, 12 V 5 A, dan dapat bekerja lebih optimal pada arus 2 A, sehingga lebih irit dalam penggunaan daya. Jumlah yang digunakan sebanyak 3 motor dengan konfigurasi 1 motor pada bagian *center* dan 2 motor pada bagian belakang. Propeller yang digunakan adalah propeller 3 bilah. Hasil konstruksi dari ROV dapat dilihat pada Gambar 4 dan dimensi dari ROV tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi ROV.

No	Deskripsi	Nilai
1	Panjang	311,89 mm
2	Lebar	185 mm
3	Tinggi	145 mm
4	Diameter Rangka Atas	110 mm
5	Diameter Rangka Tengah	100 mm
6	Diameter Rangka Bawah	100 mm
7	Diameter Dudukan Motor Tengah	25 mm

3.2. Sistem Kendali ROV

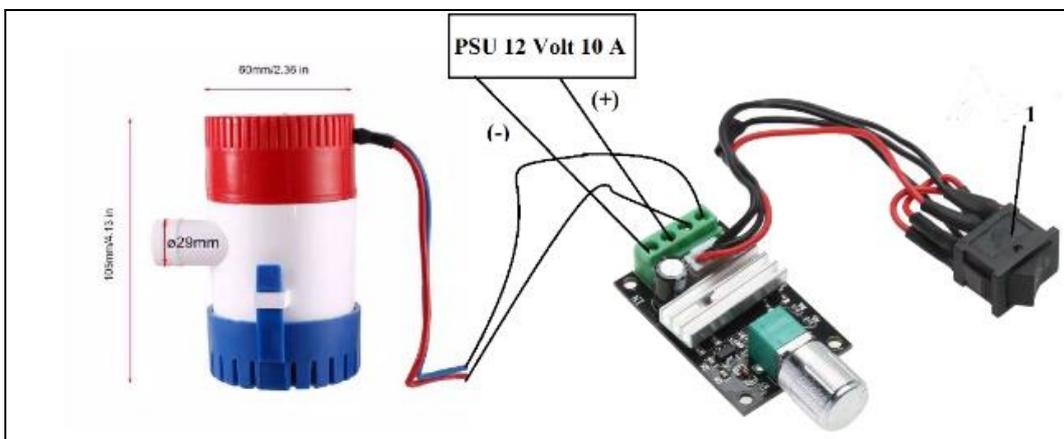
Kontrol input yang menjadi sistem kendali pada ROV berasal dari pengaturan putaran tegangan pada *PWM Speed Controller Module* dan pengaturan saklar. Pengaturan tegangan PWM akan mengakibatkan perubahan pada kecepatan putar dari *motor thruster*. Pengaturan saklar akan mengakibatkan perubahan pada arah putar dari *motor thruster*. Hal ini dilakukan sehingga ROV dapat bergerak lurus baik untuk bergerak maju, mundur, naik ataupun turun. Skema pengontrolan tegangan dari PWM ke *motor thruster* dapat dilihat pada Gambar 5.

Skema pada Gambar 5, menunjukkan daya yang diperoleh dari sumber listrik selanjutnya akan dialirkan melalui *PWM Speed Controller Module* untuk mengatur daya dan tegangan yang akan dikeluarkan. Pengaturan dapat dilakukan dengan memutar tuas kontrol pada *PWM Speed Controller Module*. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh *PWM Speed Controller Module* dialirkan ke *motor thruster* sehingga terjadi perubahan kecepatan putar dari *motor thruster*. Saklar yang terhubung pada PWM selanjutnya akan berfungsi sebagai pengatur arah putar dari *motor thruster*.

Modifikasi dalam penyempurnaan dari sistem kendali ROV ini adalah penambahan PVC box pada *power supply*, saklar dan *PWM Speed Controller Module*.



Gambar 4. ROV siap untuk diuji.



Gambar 5. Skema kontrol pada *motor thruster*.



(a)



(b)

Gambar 6. Tampak dalam dari pengendali ROV (a), Tampak luar dari pengendali ROV (b).

Penambahan *voltmeter* yang terhubung dengan *PWM Speed Controller Module* juga dimaksudkan untuk dapat memantau besaran dari tegangan yang dialirkan ke *motor*

thruster. Tampak dalam dan tampak luar dari pengendali ROV ini dapat dilihat pada Gambar 6.

3.3. Hasil Uji Manuver

Manuver yang diujikan pada ROV kali ini adalah gerakan maju, mundur, naik dan turun, serta gerakan melingkar yang selanjutnya membentuk sudut 180° dan 360°. Rata-rata kecepatan ROV pada saat bergerak maju dapat dilihat pada Tabel 4. Data pengujian manuver terhadap waktu dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Hasil uji manuver menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata dari ROV adalah sebesar 0,26 m/s, atau dengan kata lain untuk mencapai jarak 1 m, ROV memerlukan waktu rata-rata 3,87 s. Pada pergerakan turun, ROV membutuhkan waktu 11,9 s untuk mencapai kedalaman 3 m atau 3,97 s per meternya. *Remotely Operated Vehicle* (ROV) membutuhkan waktu 9,1 s dari kedalaman yang sama untuk bergerak naik.

Hal ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan pergerakan naik dan turun ROV yang menggunakan metode *ballast*, waktu yang dibutuhkan untuk turun hingga kedalaman 1 m adalah 7,6 s dan naik dari kedalaman 1 m adalah 8,4 s (Manullang *et al.*, 2020). *Pulse Width Modulation* (PWM) *Speed Controller Module* yang digunakan mampu mengalirkan tegangan maksimal yang dibutuhkan oleh *motor thruster*, sehingga *motor thruster* mampu mencapai kecepatan putar maksimalnya pada tegangan 2 V.

Hasil dari uji gerakan melingkar, mampu memberikan informasi bahwa *turning radius* dari ROV saat bergerak terhadap sisi *port* dan terhadap sisi *starboard* adalah relatif sama, sudut yang dihasilkan juga tidak jauh berbeda. Hal ini

Tabel 4. Kecepatan rata-rata ROV.

No	Jarak (cm)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
1	100	3,67	0,27
2	100	4,12	0,24
3	100	3,83	0,26
Rata-rata		3,87	0,26

Tabel 5. Uji manuver ROV.

No	Perintah	Jarak (cm)	Waktu (s)	Kecepatan
1	<i>Forward</i>	500	12,7	0,39 m/s
2	<i>Backward</i>	500	15,3	0,32 m/s
3	<i>Up</i>	300	9,1	0,33 m/s
4	<i>Down</i>	300	11,9	0,25 m/s
5	<i>Turn Right</i>	180°	6,7	0,47 rad/s
6	<i>Turn Left</i>	180°	6,3	0,49 rad/s
7	<i>Rotate</i>	360°	8,2	0,77 rad/s

Tabel 6. Uji Gerakan Melingkar ROV.

No	Arah Putaran	Jumlah Putaran	Jari-jari (cm)	X (cm)	Cos α	α
1	<i>Port</i>	1	28	32,25	0,868	29,74°
		2	23	28,02	0,821	34,82°
		3	20	25,61	0,781	38,66°
2	<i>Starboard</i>	1	30	34	0,822	28,07°
		2	26	30,53	0,852	31,61°
		3	20	25,61	0,781	38,66°

mampu menunjukkan bahwa *motor thruster* yang menggerakkan ROV mampu bekerja dengan stabil dan seimbang. Penempatan posisi *motor thruster* di ruang yang lebih terbuka memengaruhi proses pergerakan ini, sehingga aliran air dapat datang dari sisi depan, belakang dan samping motor (Ramanda *et al.*, 2015).

IV. KESIMPULAN

Remotely Operated Vehicle (ROV) berhasil dirancang dan dibangun dengan baik. Desain analisis telah menunjukkan bahwa desain dan bahan yang dipilih telah tepat untuk proses pembuatan ROV. Uji pergerakan dan manuver ROV juga menunjukkan hasil yang baik, sehingga rencana pengembangan lebih lanjut dari ROV ini dapat terus dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, PT Robomarine Indonesia dan Pangandaran *Integrated Aquarium and Marine Research Institute* (PIAMARI), Pusat Riset Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

Castro, O.A.A., E.I. Gonzalez, E.E.G. Guerrero, E.T. Cuautle, O.R.L. Bonilla, J.E.O. Tiznado & J.R.C. Valdez. 2019. Design and construction of an ROV for underwater exploration. *J. Sensors*, 19(24): 5387-5411. <http://doi.org/10.3390/s19245387>

Christ, R.D. & R.L. Wernli. 2014. The ROV manual: a user guide for observation-class remotely operated vehicle, second edition. Elsevier Ltd. Burlington, UK. 679p.

Effendi, I. 2019. Pengembangan akuakultur pada lahan suboptimal menuju agromaritim 4.0. Proceedings of The Seminar Nasional Lahan Suboptimal, Palembang, Indonesia, 4-5 September 2019. 9-19 pp. <http://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/download/1680/997>

Fossen, T.I. 2014. *Mathematic Models of Ships and Underwater Vehicles: Encyclopedia of System and Control*. Springer-Verlag Ltd. London, UK. 9p

Kadir, A.M.A., M.A. Kasno, M.S.M. Aras, M.Z.M. Tumari & S. Saat. 2018. Fuzzy logic controller design for autonomous underwater vehicle (auv)-yaw control. *ARPN J. of Engineering and Applied Sciences*, 13(5): 1608-1614. http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_0318_6842.pdf

Koch, J. & J. Leichty. 2019. Development of a robotic arm for mini-class rovdexterous manipulation. In: Ocean 2019 MTS, Seattle, USA, 27-31 October 2019. 5p.

Manullang, S., A. Pusaka & A. Setiawan. 2020. The preliminary of design and movement of remotely operated vehicle (rov). Proceeding The Maritime Safety International Conference, Bali, Indonesia, 12-15 July 2020. 10p. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/557/1/012006>

Ogurtsov, E.S., V.A. Kokoreva, S.F. Ogurtsov, T.A. Usenbay, A.S. Kunesbekov & E. Lavrov. 2016. Microcontroller navigation and motion control system of the underwater robotic complex. *ARPN J. of Engineering and Applied Sciences*, 11(9): 6110-6121.

- http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0516_4239.pdf
- Ramanda, A., I. Jaya, S. Pujiyati & M. Iqbal. 2015. Rancang bangun prototipe wahana bawah air tipe working class ROV (*Remote Operating Vehicle*). Proceedings of The Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO), Bandung, Indonesia, 10-11 December 2015. 8p.
<http://dx.doi.org/10.5614/sniko.2015.17>
- Raza, K.M., M. Kamil & P. Kumar. 2016. Speed control of dc motor by using pwm. *International J. of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(4): 307-309.
<http://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2016.5478>
- Sugandi, A., S. Siregar & L. Meisaroh. 2021. Implementation of roll control on mini remotely operated vehicle. *International J. of Applied Information Technology*, 04(02): 117-123.
<http://doi.org/10.25124/ijait.v4i02.3437>
- Triantafyllou, M.S. & F.S. Hover. 2003. Maneuvering and control of marine vehicles. Dept. Ocean Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts, USA. 145p.
- Wernli, R.L. & R.D. Christ. 2019. Observatin class rovs come age. In: Sixth International Symposium on Underwater Technology, Wuxi, China, April 2019. 7p.
- Wu, C. 2017. Review and classification of the modern rovs. *International J. of Innovative Science, Engineering and Technology*, 04(10): 101-110.
http://ijiset.com/vol4/v4s10/IJISSET_V4_I10_13.pdf
- Submitted : 4 October 2022*
Reviewed : 29 March 2023
Accepted : 12 July 2023

FIGURE AND TABEL TITLES

- Figure 1. ROV design on side view (a), front view (b), back view (c), top view (d).*
- Figure 2. ROV 3D view design.*
- Figure 3. Turning circle test method.*
- Figure 4. ROV ready for testing.*
- Figure 5. Control scheme for motor thruster.*
- Figure 6. Inside view of ROV controller (a), Outside view of ROV controller (b).*
- Table 1. Mass properties of ROV.*
- Table 2. Parameter evaluation of ROV frame.*
- Table 3. ROV dimension.*
- Table 4. Average Speed of ROV.*
- Table 5. ROV maneuver test.*
- Table 6. ROV turning circle test.*

