

Rancang Bangun Kontrol Arah pada *Seaglider* Menggunakan Metode PID

Nofa Riyanto¹, Muhammad Taufiqurrohman², Arif Winarno³

^{1,2,3}Universitas Hang Tuah, Surabaya, Jawa Timur, 60111, Indonesia

e-mail: nriyanto80@gmail.com , taufiqurrohman@hangtuah.ac.id , arif.winarno@hangtuah.ac.id

Diterima
07-08-2023

Direvisi
03-10-2023

Disetujui
30-10-2023

Abstract: Along with the development of increasingly sophisticated robot technology, especially underwater robot technology and more and more attention is being paid to the Autonomous Underwater Vehicle (AUV) robot. A robot that can work without any assistance from the operator with the motion system controlling the direction of the seaglider. So we need how to control the direction of the seaglider. This research will design and build a seaglider robot by determining the maneuvering direction of the robot itself. By using one activator and to set the specified direction. PID control is used to meet the desired loop criteria. By testing the rudder angle of 20°, a percentage of 80% is obtained, a rudder angle of 30° is obtained, a percentage of 60%, and a rudder angle of 35°, a percentage of 50%. Then the results of the overall test obtained a total percentage of success of 63% from each angle that was tested.

Keywords: Autonomous Underwater Vehicle (AUV); Kendali Proportional-Intergal-Derivative (PID); Seaglider.

Abstrak: Dengan seiring perkembangan teknologi robot yang makin canggih khususnya teknologi robot bawah air dan semakin banyak juga perhatian pada robot *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV). Robot yang dapat berkerja tanpa ada bantuan kendali dari operator dengan sistem gerak mengendalikan arah seaglider. Sehingga diperlukan bagaimana cara mengendalikan arah pada *seaglider*. Penelitian ini akan merancang dan membuat sebuah robot seaglider dengan menentukan arah manuver dari robot itu sendiri. Dengan menggunakan satu buah penggerak dan untuk mengatur arah yang ditentukan. Kendali PID digunakan untuk memenuhi kriteria loop yang diinginkan. dengan dilakukannya uji coba sudut *rudder* 20° didapat presentase 80%, sudut *rudder* 30° didapat presentase 60%, dan sudut *rudder* 35° didapat presentase 50%. Maka hasil keseluruhan pengujian didapatkan nilai total presentase keberhasilan 63% dari setiap sudut yang dilakukan uji coba.

Kata kunci: Autonomous Underwater Vehicle (AUV); Kendali Proportional-Intergal-Derivative (PID); Seaglider.

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia terbagi luas dan lebih dari 62% adalah lautan. Potensi sumber daya lautan di Indonesia sangatlah besar. Selain diapit oleh dua samudra, lautan Indonesia juga menjadi jalur perdagangan internasional. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan teknologi untuk kelautan guna menjaga, mengobservasi, dan mengeksplorasi lautan Indonesia yang kaya akan manfaat untuk kepentingan seluruh rakyat. (Kongsberg, 2018) Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan kinerja robot bawah air. Kelebihan menggunakan robot bawah air adalah dapat dioperasikan dari jarak jauh dan bisa mengurangi tingkat resiko kecelakaan manusia. (Husin et al., 2014) (Hariri & Setiawan, 2018)

Robot bawah air biasa disebut *Remote Operated Underwater Vehicle* (ROV). ROV memiliki beberapa keunggulan, diantaranya pencarian, pemeriksaan, pengawasan, penyelamatan,

pendeteksian, dan eksplora. Namun, keterbatasan ROV adalah jalur komunikasi dan jalur pemasok energi yang membutuhkan jaringan kabel sebagai penghubung antara operator dengan robot, sehingga sulit untuk menjangkau kondisi lokasi yang jauh.

Pada penelitian robot bawah air saat ini sudah banyak menggunakan sistem otomatis. Selain mengurangi tingkat kesalahan dan mengurangi resiko di lapangan, sistem otomatis juga dapat menjangkau daerah yang sangat jauh tanpa bantuan dari operator. Sistem otomatis pada robot bawah air disebut dengan *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV). AUV dalam hal ini harus dibekali dengan kemampuan dapat bernavigasi, manuver (*manuvering*), pelacakan (*tracking*), dan kestabilan (*stability*), serta berbagai macam-gangguan dalam air tanpa ada kendali pada manusia. Kendali pergerakan *Seaglider* AUV seperti kendali arah, kendali *pitch*, pelacakan adalah hal yang penting pada *Seaglider*. (Wahab, 2019) sedangkan pada penelitian ini hanya berfokus pada kendali arah.

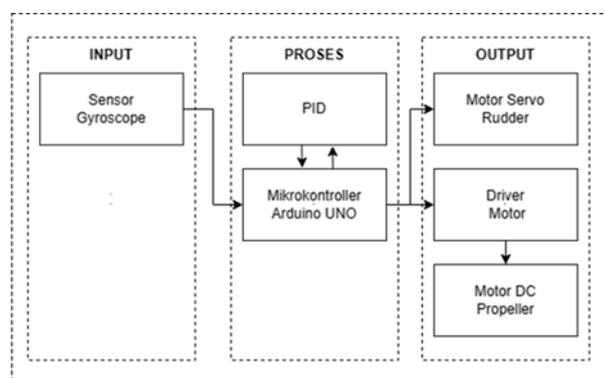
Maka terdapat beberapa macam metode namun disini peneliti menggunakan metode *Proportional Intergal Derivattive* (PID). Untuk mengendalikan objek. *Underwater vehicle* memainkan peran penting dalam eksplorasi lautan, karena kemampuan manuver dan survei jarak jauh mereka. Namun studi robot bawah air adalah suatu bidang yang mungkin memiliki dampak luas pada manusia. Sebagai salah satu jenis robot bawah air yang penting, dapat dipindahkan secara bebas dan digunakan dengan mudah. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, akan dirancang sebuah robot bawah air dengan menerapkan kendali PID pada *seaglider* untuk mengontrol sesuai dengan arah hadap *seaglider*.

II. METODE PENELITIAN

Pada sistem kontrol ini terdapat dua kontrol yaitu mikrokontroler *arduino* dan kontrol PID. Mikrokontroler akan menerima data dari sensor *gyroscope* berupa nilai sudut derajat pada arah hadap *seaglider*. Kontrol PID akan menerima data *input* dari set point derajat dari sensor *gyroscope*. Kontrol PID akan meminimalkan nilai *error* untuk mengurangi jarak melenceng pada *seaglider*.

Dalam hal ini terdapat tiga bagian penting yang menjadikan suatu sistem navigasi *seaglider*, diantaranya adalah masukan, proses, dan keluaran. Pada penelitian kali ini, dijelaskan diagram blok sistem *seaglider*.

1. Diagram Blok Sistem

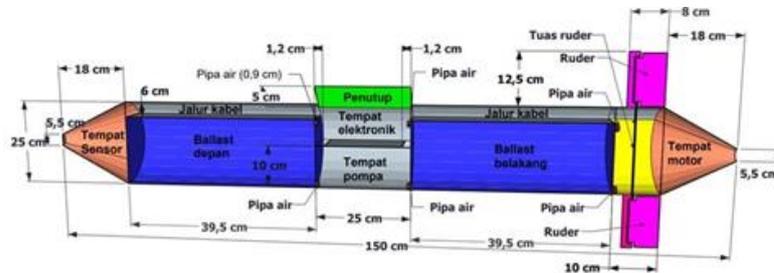


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Dari gambar diagram blok sistem pada gambar 1. Dapat diketahui bahwa sistem masukan yang digunakan adalah dari sensor *gyroscope* yang outputannya berupa sudut untuk menentukan arah hadap dari *seaglider*. Untuk memproses data dari beberapa masukan tersebut peneliti menggunakan mikrokontroler *arduino uno* sebagai kendali pada *seaglider*. Dimana *arduino uno* sebagai penerima inputan dari *gyroscope* yang berupa nilai sudut lalu diproses pada

mikrokontroler dengan tujuan menghasilkan outputan yang sesuai, pid disini sebagai penentu presisi sudut arah hadap yang dihasilkan sensor dengan bantuan *rudder* jika pada saat proses berjalan nilai yang dihasilkan melenceng dari nilai inputan, maka kegunaan pid untuk meluruskan hasil dari nilai yang melenceng agar outputan yang dihasilkan lebih maksimal dan menjadi lebih baik.

2. Perancangan Hardware



Gambar 2. Mekanik Seaglider

Pada gambar 2. dapat dilihat desain dari mekanik *seaglider* dimana penggerak pada kapal dengan lebar *rudder* 8 cm dan tuas rudder yang saling terhubung meja dikan rudder bisa bergerak secara bersamaan. Bagian motor *propeller* dibagian belakang dengan ukuran lubang motor 5,5 cm yang mempermudah kapal untuk bergerak dengan tenaga motor dc 12 volt.

Terdapat juga ruang elektronik dimana dibagian tersebut sebagai ruang kendali bagi *seaglider* dengan ukuran lebar 10 cm dan panjang 25 cm sebagai tempat mikrokontroler dan berbagai perangkat penunjang lainnya yang diletakkan didalamnya seperti sensor *gyroscope*, driver motor, dan motor *servo*.

Persamaan Hukum Archimedes

Hukum *Archimedes* menyatakan sebagai berikut, Sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya kedalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya. Sebuah benda yang tenggelam seluruhnya atau sebagian dalam suatu *fluida* akan mendapatkan gaya angkat ke atas yang sama besar dengan berat *fluida* yang dipindahkan.

Besarnya gaya ke atas menurut Hukum *Archimedes* ditulis dalam persamaan :

$$F_a = \rho \cdot V \cdot g \quad (1)$$

Keterangan :

- F_a = gaya ke atas (N)
- ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3)
- V = volume benda yang tercelup (m^3)
- g = percepatan gravitasi (N/Kg)

Hukum ini juga bukan suatu hukum fundamental karena dapat diturunkan dari hukum *newton* juga. Bila gaya *archimedes* sama dengan gaya berat W maka resultan gaya = 0 dan benda melayang, Bila $F_A > W$ maka benda akan terdorong keatas akan melayang, Bila $F_A < W$ maka benda akan terdorong kebawah dan tenggelam.

Perancangan Metode PID

Sistem Kendali PID (*Proportional Intergal Derivative controller*) merupakan pengendali

untuk menentukan presisi pada suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik (*Feed back*) pada sistem tersebut. Sistem kendali PID terdapat tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Propotional*)(2), kontrol D (*Derivative*)(4) dan kontrol I (*Intergal*) (3), dengan masing – masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Didalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun bekerja gabungan.

$$P = K_p e(t) \quad (2)$$

Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding (proporsional) dengan besarnya sinyal kesalahan.

$$I = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (3)$$

Kontrol integral tidak dapat digunakan sendiri, maka itu harus digabungkan dengan kontroler proporsional.

$$D = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

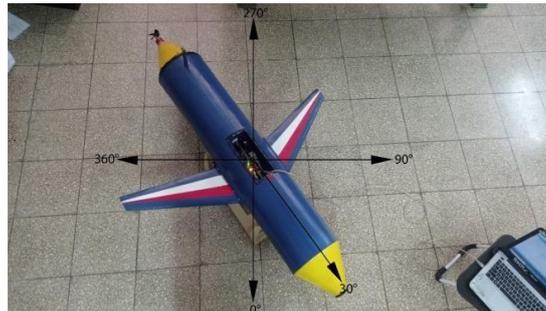
Keluaran pengontrol D memiliki sifat seperti halnya suatu operasi diferensial. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan sangat besar dan cepat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sensor *gyroscope* dilakukan untuk mengetahui arah dari sistem. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati nilai keluaran dari sensor *gyroscope* ketika sensor diputar pada sudut tertentu, sehingga dapat dilihat perubahan nilai keluaran sensor *gyroscope* dan sudut sebenarnya.

1. Pengujian Sensor *Gyroscope* pada sudut 30°

Pada pengujian ini sensor *gyroscope* dan kapal diputar bersamaan hingga membentuk sudut 30°, lalu diamati hasil keluaran sensor *gyroscope* pada serial monitor *Arduino*.



Gambar 3. Arah Hadap *Seaglider*



Gambar 4. kondisi *rudder* pada pengujian sensor *gyroscope* dengan sudut 30°



Gambar 5. Hasil keluaran dari sensor *gyroscope* sudut 30° pada serial *Arduino*

Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian sensor *gyroscope* pada sudut 30° didapatkan nilai rata – rata sebesar 30.57°, untuk mencari nilai *error* dari sensor *gyroscope* pada sudut 30° digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Sudut Target} - \text{Sudut Terbaca}}{\text{Sudut Target}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \frac{30 - 30.57}{30} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Error \%} = 1,9 \%$$

Dengan menggunakan persamaan (5) diatas maka didapatkan nilai *error* sensor *gyroscope* pada sudut 30° sebesar 1.9%.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor *gyroscope* pada sudut 30°

| Percobaan | Sudut Target (°) | Sudut Terbaca (°) |
|----------------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 30 | 30.10 |
| 2 | 30 | 30.37 |
| 3 | 30 | 30.48 |
| 4 | 30 | 30.66 |
| 5 | 30 | 31.25 |
| Rata-rata Sudut (°) | | 30.57 |

2. Pengujian *Servo Rudder*

Pengujian *servo* rudder dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa derajat sudut *servo* secara minimal dan maksimal yang dihasilkan motor *servo* yang sudah terpasang tuas pada rudder. Pada pengujian ini penulis mencari nilai awal *pwm* minimal hingga maksimal pada *servo* lalu ditemukan yaitu nilai minimal 20 dan maksimal 160 dimana lalu ditemukan nilai titik tengah dari nilai minimal maksimal yaitu 90, sebagai acuan untuk mencari derajat *rudder* yang dikalibrasi dengan bantuan busur derajat sebagai alat kalibrasi.

Pengujian Servo Rudder pada sudut rudder 35° simpang kiri

Pada pengujian kali ini penulis menentukan derajat yang digunakan dari hasil pencarian nilai minimal maksimal dari *servo*. Dengan input derajat *servo* 20.



Gambar 6. Kondisi rudder pada posisi 35° simpang kiri

Berdasarkan table 2 hasil pengujian dari akurasi servo terhadap *rudder* pada *input* derajat servo 20 dihasilkan nilai busur rata-rata 34,7 derajat

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Sudut Pengukuran} - \text{Nilai Percobaan}}{\text{Sudut Pengukuran}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \frac{35 - 34,7}{35} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{Error \%} = 0.8571\%$$

Dengan menggunakan persamaan (6) diatas maka didapatkan nilai *error* akurasi sudut servo *rudder* pada sudut *rudder* 35° simpang kiri sebesar 0.8571%

Tabel 2. Hasil pengujian servo rudder posisi 35° simpang kiri
Uji Coba Akurasi Servo Terhadap Rudder Simpang Kiri

| Percobaan | Sudut pengukuran | Nilai Percobaan |
|-----------------|------------------|-----------------|
| 1 | 35 | 34 |
| 2 | 35 | 34 |
| 3 | 35 | 35 |
| 4 | 35 | 35 |
| 5 | 35 | 34 |
| 6 | 35 | 35 |
| 7 | 35 | 35 |
| 8 | 35 | 35 |
| 9 | 35 | 35 |
| 10 | 35 | 35 |
| Rata-rata Nilai | | 34,7 |

Pengujian Servo Rudder pada sudut rudder 35 • simpang kanan

Pada pengujian kali ini penulis menentukan derajat yang digunakan dari hasil pencarian nilai minimal maksimal dari *servo*. Dengan input derajat *servo* 160.



Gambar 7. Kondisi rudder pada posisi 35° derajat simpang kanan

Berdasarkan tabel hasil pengujian dari akurasi *servo* terhadap *rudder* pada *input* derajat servo 160 dihasilkan nilai busur rata-rata 34,8 derajat

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Sudut Pengukuran} - \text{Nilai Percobaan}}{\text{Sudut Pengukuran}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \frac{35 - 34,8}{35} \times 100\% \quad (7)$$

$$\text{Error \%} = 0,5714 \%$$

Tabel 3. Hasil pengujian *servo rudder* posisi 35° derajat simpang kanan
Uji coba akurasi *servo* terhadap *rudder* simpang kanan

| Percobaan | Sudut Pengukuran | Nilai Percobaan |
|-----------------|------------------|-----------------|
| 1 | 35 | 35 |
| 2 | 35 | 35 |
| 3 | 35 | 35 |
| 4 | 35 | 34 |
| 5 | 35 | 35 |
| 6 | 35 | 35 |
| 7 | 35 | 34 |
| 8 | 35 | 35 |
| 9 | 35 | 35 |
| 10 | 35 | 35 |
| Rata-rata Nilai | | 34,8 |

Dengan menggunakan persamaan (7) diatas maka didapatkan nilai *error* akurasi sudut *servo rudder* pada sudut *rudder* 35° simpang kanan sebesar 0.5714%

3. Perhitungan massa jenis *seaglider* agar terapung

Pada tahap perhitungan massa jenis kapal ini dilakukan untuk mengetahui berapa *volume seaglider* yang diperlukan supaya terapung pada saat berada di air tawar dengan massa jenis air 1g/cm³ dengan menggunakan rumus pada hukum *archimedes*.

Gambar 8. *Seaglider*

Massa jenis dari *Seaglider* sendiri dengan berat 21,465kg dan *volume* total adalah 0,073m³ sehingga didapat nilai *massa* jenisnya yaitu :

$$\text{Massa jenis } Seaglider = 21,465 \text{ kg} / 0,073\text{m}^3 = 294,04 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Dengan massa jenis air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Jika *seaglider* akan terapung maka sebuah benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan terapung jika berat benda (*w*) lebih kecil dari gaya ke atas (*Fa*).

$$w < Fa$$

$$\rho_b \times V_b \times g < \rho_a \times V_a \times g$$

$$\rho_b < \rho_a$$

(8)

Dihasilkan perbandingan dari berat benda (*w*) dan gaya apung (*Fa*)

$$294,04 \text{ kg/m}^3 < 1000 \text{ kg/m}^3$$

Dari hasil perhitungan dan perbandingan yang telah dilakukan pada seaglider sudah dapat dipastikan bahwa *seaglider* dapat terapung di air dengan massa jenis seaglider 21,465 kg. Massa jenis dari seaglider setelah ballast didalam seaglider terisi full dengan air dengan berat 36 kg dan volume total 0,073m³ sehingga didapat nilai massa jenisnya yaitu :

$$\text{Massa jenis Seaglider dengan ballast terisi air full} = 36 \text{ kg} / 0,073\text{m}^3 = 493,15 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Dengan massa jenis air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Dihasilkan perbandingan dari berat benda (*w*) dan gayaapung (*Fa*)

$$493,15 \text{ kg/m}^3 < 1000 \text{ kg/m}^3$$

Gambar 9. *Seaglider dengan ballast*

Hasil perhitungan dan perbandingan yang dilakukan saat seaglider dengan ballast full terisi air dapat dipastikan bahwa seaglider masih bisa terapung di air dengan massa jenis 36 kg.

Pengujian Kontrol PID

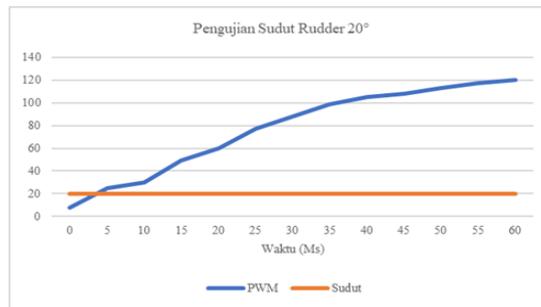
Pengujian kontrol PID pada penelitian ini berguna untuk mengoreksi sudut arah hadap berdasarkan pembacaan sensor gyroscope. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kestabilan respon pada system control seaglider dan pwm yang dihasilkan setelah sudut sesuai dengan target. Untuk mendapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd terbaik pada tugas akhir ini peneliti menggunakan metode *trial and error*.

Pengujian Nilai Kp, Ki, dan Kd.

Setelah mendapatkan komposisi nilai Kp, Ki, dan Kd terbaik dengan nilai yang bagus dan waktu eksekusi yang sesuai, maka pada tahap akhir dilakukan pengujian kontrol PID berdasarkan nilai Kp, Ki, dan Kd yang telah didapatkan. Pengujian dilakukan dengan memberikan berbagai nilai set point sudut *rudder*. Sehingga pengujian ini dapat diketahui bagaimana respon sistem yang dihasilkan oleh kontrol PID.

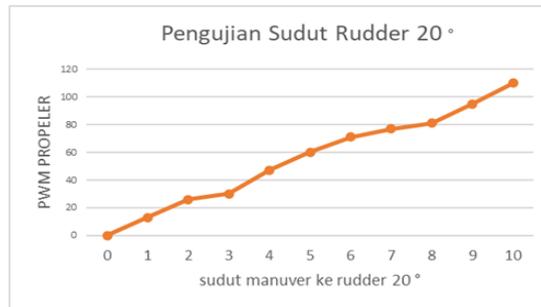
Pengujian Setpoint Sudut Rudder 20°

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sistem kontrol saat bermanuver dengan sudut *rudder* 20°.



Gambar 10. Hasil percobaan pengujian PID sudut *rudder* 20°

Hasil percobaan dari gambar 10. Dapat dilihat grafik dari kontrol PID dengan pengujian sudut *rudder* 20°



Gambar 11. Hasil sudut *rudder* 20° dengan PID

Bedasarkan table 4. didapatkan nilai rata – rata sudut 20,5 setelah melakukan percobaan sudut *rudder* 20°. untuk mencari nilai *error* dari sudut *rudder* pada sudut 20° digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Sudut Pengukuran} - \text{Sudut Percobaan}}{\text{Sudut Pengukuran}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \frac{20 - 20.5}{20} \times 100\% \tag{9}$$

$$\text{Error } \% = -0,025\%$$

Tabel 4. Data Hasil pengujian sudut *rudder* 20°

| Percobaan | Sudut Pengukuran | Sudut Percobaan |
|--------------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 20 | 20 |
| 2 | 20 | 20 |
| 3 | 20 | 22 |
| 4 | 20 | 19 |
| 5 | 20 | 20 |
| 6 | 20 | 21 |
| 7 | 20 | 21 |
| 8 | 20 | 20 |
| 9 | 20 | 20 |
| 10 | 20 | 22 |
| Rata – rata Sudut | | 20,5 |

Dengan menggunakan persamaan (9) diatas maka didapatkan nilai *error* sudut *rudder* pada sudut 20° sebesar -0,025%. Dilanjutkan dengan tahap percobaan hasil pada PWM motor penggerak ditunjukkan pada tabel 5. sebagai berikut :

Tabel 5. Data Hasil PWM motor penggerak

| Percobaan | PWM target | PWM Motor |
|------------------------|------------|--------------|
| 1 | 180 | 110 |
| 2 | 180 | 108 |
| 3 | 180 | 105 |
| 4 | 180 | 103 |
| 5 | 180 | 108 |
| Rata – rata PWM | | 106,8 |

Bedasarkan table 5. didapatkan nilai rata – rata PWM 106,8 setelah melakukan percobaan motor penggerak. untuk mencari nilai *error* dari hasil PWM digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{PWM Pengukuran} - \text{PWM Percobaan}}{\text{PWM Pengukuran}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \frac{180 - 106,8}{180} \times 100\% \quad (10)$$

$$\text{Error \%} = 0,407 \%$$

Dengan menggunakan persamaan (10) diatas maka didapatkan nilai *error* motor penggerak pada PWM sebesar 0,407%. Selanjutnya pengujian tingkat keberhasilan pada saat *seaglider* bermanuver dengan sudut *rudder* 20° sampai ke arah hadap lurus 0° saat berada dikolam dengan percobaan pada tabel 6. sebagai berikut:

Tabel 6. Data Percobaan pada saat dikolam

| Percobaan | Sudut Rudder | Arah Hadap | Keterangan |
|-----------|--------------|------------|------------|
| 1 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 2 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 3 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 4 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 5 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 6 | 20 | 14° | GAGAL |
| 7 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 8 | 20 | 17° | GAGAL |
| 9 | 20 | 0° | BERHASIL |
| 10 | 20 | 0° | BERHASIL |

Bedasarkan gambar 12. pada saat pengujian dikolam dengan sudut *rudder* 20° *seaglider* bermanuver ke arah hadap lurus 0° terdapat beberapa kegagalan yang tidak sesuai dengan arah hadap

seaglider namun dari kegagalan tersebut bisa dihitung presentase berhasilnya dengan begitu didapatkan persamaan untuk menghitung akurasi dari percobaan diatas sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{banyak percobaan-gagal}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{10-2}{10} \times 100\% \quad (11)$$

$$Akurasi = 80\%$$



Gambar 12. Pengujian sudut *rudder* 20° pada saat dikolam

Dengan menggunakan persamaan (11) diatas hasil uji coba yang didapatkan dari percobaan diatas dihasilkan akurasi sebesar 80%, dimana hasil tersebut sudah cukup tinggi namun belum mencapai akurasi sempurna 100% .

IV. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang dilakukan maka didapa beberapa kesimpulan dimana hasil pada pengujian kontrol PID pada sudut *rudder* 20° diperoleh presentase 80% dengan nilai *error* sudut yang dihasilkan sebesar 0,01% dan juga nilai *error* dari pwm maksimal ialah sebesar 0,407% namun pada jurnal ini hanya dijelaskan beberapa uji coba tidak sampai keseluruhan. Dari pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini tentunya masih memiliki banyak kekurangan di beberapa bagian. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lebih baik lagi dengan ditambahkan bagaimana *seaglider* dapat menuju titik koordinat yang dituju sesuai masukan dan bisa lebih dikembangkan lagi untuk kepentingan pertahanan negara ataupun sebagai alat eksplorasi laut Indonesia.

REFERENSI

- Kongsberg. (2018). Seaglider Technical Specifications, (May), pp. 1–2.
- Hussain, N. A. B. A. (2014) ‘Underwater Glider Modelling and Analysis for Variable Control Parameters’, in. M. Sc. Universiti Sains Malaysia: 2014., p. 232. Available at: <http://www.worldcat.org/oclc/960937789>.
- Khairuddin, N. B. M. (2014). Study on Structural and Hydrodynamics of Autonomous Underwater Gliders, *Tetrahedron Letters*, 55(May), pp. 1–49.
- Sagala, F. and Bambang, R. T. (2011). ‘Development of sea glider autonomous underwater vehicle platform for marine exploration and monitoring’, *Indian Journal of Marine Sciences*, 40(2), pp. 287–295.
- Pratama, R. A., & Taufiqurrohman, M. (2018). Monitoring Suhu, Kadar PH, Dan Tingkat Salinitas Menggunakan Wahana Remotely Operated Vehicle (ROV) Sebagai Sarana Observasi Bawah Air. *CYCLOTRON*, 1(2).

- Zaman, M. B., & Taufiqurrohman, M. (2018). Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Pemantau ROV (Remotely Operated Vehicles) Berbasis Android. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 5(1), 11-15.
- Hockley, C. J. (2018). 'Improving Seaglider Efficiency : an Analysis of Wing Shapes , Hull Morphologies, and Propulsion Methods', (July). Available at: <https://commons.erau.edu/edt/418>.
- Wahab, F. (2019). 'Desain Awal Pembuatan Glider Autonomous Underwater Vehicle (AUV) Parahyangan', *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(1), p. 29. doi: 10.31544/jtera.v4.i1.2019.29-
- Hariri, A., Setiawan, I., & Sudjadi, S. (2018). Pengontrolan kestabilan sistem kontrol sudut orientasi yaw menggunakan metode kontrol proporsional integral derivatif (pid) pada remotely operated underwater vehicle (ROV). *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(2), 464-471.
- Rasyidi, Sulthon, M. Taufiqurrohman, and Arif Winarno. "Rancang Bangun Sistem Kontrol Ruang Ballast Sebagai Pengatur Posisi Kedalaman Pada Remotely Operated Vehicle (ROV)." *SinarFe7 1.1* (2018): 433-438.
- Hussain, Nur Afande Ali. Underwater Glider Modelling and Analysis for Variable Control Parameters. (2014). PhD Thesis. Universiti Sains Malaysia.
- Mono. (2015). Bunyi Hukum Archimedes. <http://www.pakmono.com/2015/04/bunyi-hukum-archimedes.html>. Di akses pada tanggal 28 Agustus 2017.
- Badruz Z. M., & Taufiqurrohman, M. (2017). Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Pemantau Remotely Operated Vehicle (Rov) Berbasis Android [Skripsi]. Surabaya : Universitas Hang Tuah Surabaya.
- Bunyi Hukum Archimedes. 2015. Bunyi Hukum Archimedes. <http://www.pakmono.com/2015/04/bunyi-hukum-archimedes.html>. Di akses pada tanggal 20 Oktober 2017