

# Kestabilan Kendali PID Untuk Sistem Navigasi Pada Robot *Underwater ROV* (*Remotely Operated Vehicle*)

Yehekiel Colia, Vecky C. Poekoel, Jane Litouw

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

kielcolia@gmail.com, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, ein.jil@gmail.com

**Abstract** — *Underwater robot based remotely operated vehicle (ROV) is an instrument of mini-sized diving. ROV is commonly used for exploration, observation and monitoring of underwater objects. Applications of the ROV are diverse require a stable and reliable system to support its activities, especially when navigating and maneuvering. In this research designed ROV that aims to maintain stability using PID controllers. Based on the design and testing of ROV made got good value of PID constant to keep stability to navigate and maneuver for  $P = 2.2$ ,  $I = 0.5$ , and  $D = 0.1$ . Another result of this research found that the use of PID in the system can save memory on the controller, and the system responds more quickly when executing the command.*

**Keywords** — *Arduino Mega 2560, PID controller, ROV, Underwater Robot*

**Abstrak** — Robot bawah air yang berbasis *remotely operated vehicle (ROV)* merupakan instrumen berupa wahana selam berukuran mini. ROV biasa digunakan untuk eksplorasi, observasi dan monitoring objek bawah air. Aplikasi dari ROV yang beragam tersebut membutuhkan sistem yang stabil dan dapat diandalkan untuk menunjang aktivitasnya, khususnya pada saat melakukan navigasi dan manuver. Pada penelitian ini dirancang ROV yang bertujuan untuk menjaga kestabilan menggunakan pengendali PID. Berdasarkan perancangan dan pengujian ROV yang dibuat didapatkan nilai konstanta PID yang baik untuk menjaga kestabilan bernavigasi dan bermanuver sebesar  $P = 2.2$ ,  $I = 0.5$ , dan  $D = 0.1$ . Hasil lain dari penelitian ini didapatkan bahwa penggunaan PID dalam sistem dapat menghemat memori pada kontroler, dan sistem merespon lebih cepat saat mengeksekusi perintah.

**Kata kunci** — *Arduino Mega 2560, Pengendali PID, ROV, Robot bawah Air*

## I. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi sekarang ini berkembang dengan pesat. Pemanfaatan robot dalam eksplorasi saat ini sangat dibutuhkan apalagi di Indonesia yang merupakan negara maritim yang sebagian wilayahnya merupakan lautan. Eksplorasi yang dilakukan rata-rata sebatas pada permukaan air, sedangkan eksplorasi di bawah air sangat jarang dilakukan karena manusia memiliki keterbatasan untuk mampu menahan tekanan air yang begitu besar, faktor suhu serta kurangnya

pencapaian di dasar laut menyebabkan jarak pandang berkurang dan topografi dasar laut yang tidak dapat dijangkau oleh manusia, oleh karena itu peran robot sangat diperlukan untuk melakukan eksplorasi ini. Pemanfaatan robot bawah air dapat membantu memaksimalkan hasil eksplorasi dalam bidang kelautan. Robot yang biasa digunakan saat ini merupakan robot bawah air (*underwater robot*) yang berbasis ROV (*remotely operated vehicle*). *Remotely operated vehicle (ROV)* adalah instrumen berupa wahana selam berukuran mini.

Pada penelitian ini penulis membahas tentang Kestabilan Kendali PID untuk Sistem Navigasi pada Robot *Underwater ROV (Remotely Operated Vehicle)*. Untuk mengontrol kestabilan robot pada saat bernavigasi digunakan sebuah metode kendali PID (*Proportional Integrator Derivative*). Metode ini adalah salah satu metode pengontrolan yang mengolah suatu sinyal kesalahan atau *error*, nilai *error* tersebut diolah dengan formula PID untuk dijadikan suatu sinyal kendali atau sinyal kontrol yang akan diteruskan ke aktuator.

### A. Pengontrol PID

PID merupakan sebuah mekanisme umpan balik (*feedback*) untuk mengontrol kepresisian suatu sistem instrumentasi. Mekanisme ini menghasilkan nilai *error* atau kesalahan pada suatu sistem dengan membandingkan *set point* yang telah ditentukan dengan variabel proses yang terukur. Diagram blok pengontrol PID dapat dilihat pada Gambar 1. [6]

Pengendali PID memiliki tiga parameter utama yaitu Proporsional, Integral, dan Derivatif. Kombinasi ketiga parameter ini menghasilkan sinyal keluaran kontrol  $u(t)$ . Berdasarkan referensi [3], hubungan antara sinyal kesalahan (*error*) dan sinyal kontrol dinyatakan pada persamaan (1).

$$u(t) = \left[ (K_p \cdot e(t)) + (K_i \int e(t) dt) + \left( K_d \frac{d}{dt} e(t) \right) \right] \quad (1)$$

Dimana :  $u(t)$  = keluaran sinyal kontrol PID  
 $K_p$  = konstanta proporsional  
 $K_i$  =  $\frac{K_p}{T_i}$   
 $T_i$  = konstanta integral

$$Kd = \frac{Kp}{Td}$$

$Td$  = konstanta derivative

$e(t)$  = sinyal kesalahan (*error*)

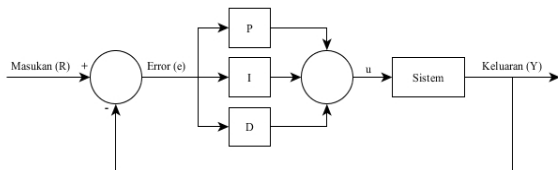
Dalam perancangan sistem kendali PID yang perlu dilakukan adalah mengatur nilai konstanta parameter P, I, dan D agar membuat tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan sesuai dengan yang diinginkan. Blok pengontrol PID dapat dilihat pada Gambar 1.

**B. Definisi ROV**

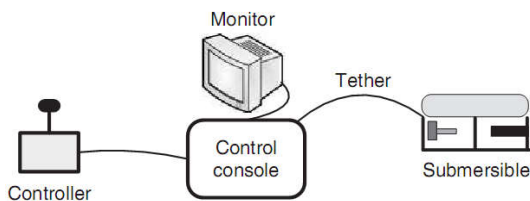
ROV adalah wahana bawah air yang bertenaga listrik dan dikontrol melalui pusat, dapat bermanuver sesuai perintah manusia dengan pendorong (*thruster*) hidrolis atau elektrik, kamera yang dipasang dalam wadah tahan air, dengan pendorong untuk bermanuver, yang melekat pada kabel ke permukaan dimana sinyal video yang dikirim [7]. Sebuah ROV menerima energi dan informasi perubahan dengan panel kontrol yang terletak di permukaan melalui kabel pusat. Dari panel kontrol, operator dapat merencanakan pekerjaan atau menggunakan satu joystick untuk manuver wahana secara langsung. Komponen dasar ROV dapat dilihat pada Gambar 2.

**C. Brushless DC Motor**

BLDC motor atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik synchronous AC 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik synchronous AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada stator BLDC adalah menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet rotor. Brushless motor DC dapat dilihat pada Gambar 3. [3]



Gambar 1. Diagram blok pengontrol PID



Gambar 2. Komponen Dasar Sistem ROV

**D. Kamera**

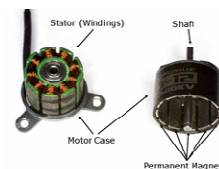
Kamera merupakan bagian yang penting dalam sebuah ROV. Kamera dapat dianggap sebagai “mata” ROV. Setiap ROV menggunakan kamera ataupun video kamera untuk navigasi maupun untuk memotret benda yang ada di dalam air. Saat ini, sebagian besar sistem ROV yang berukuran kecil menggunakan perangkat kamera charge-coupled device (CCD) yang harganya murah. Sistem kamera ini terpasang pada papan sirkuit kecil dan menghasilkan sinyal video yang ditransmisikan melalui kabel ke piranti penangkap video. Kamera dapat dilihat pada Gambar 4.[7]

**E. Baling-baling**

Baling-baling berfungsi sebagai penggerak ROV. Putaran baling-baling akan membuat aliran fluida mendorong ROV. Arah putaran baling-baling juga akan mempengaruhi aliran fluida. Baling-baling didesain untuk bergerak dan mengarahkan fluida berlawanan dengan arah gerak. [7] Baling-baling biasanya didesain dengan geometri kompleks yang berubah sepanjang radius bilahnya. Geometri kompleks ini dapat diurai dalam bagian-bagian yang lebih kecil dimulai dari pangkal hingga ujung dari baling-balingnya. Setiap bagian dapat diubah untuk mengoptimalkan daya angkat yang dibutuhkan pada bagian yang ditambahkan. Diagram interaksi gaya dapat membantu memahami dasar dari bagian baling-baling. Baling-baling dapat dilihat pada Gambar 5.

**F. Arduino Mega 2560**

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler Atmega 2560 berdasarkan (datasheet) memiliki 54 digital pin input atau output (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM atau *Pulse Width Modulation*), 16 analog input, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP (*In-Circuit Serial Programing*), dan tombol reset. Semuanya diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau power dengan adaptor AC (*Alternating Current*) – DC (*Direct Current*) atau baterai. Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 6.[2]



Gambar 3. Motor DC brushless



Gambar 4. kamera

G. Radio Kontrol TX-RX

Radio kontrol flysky fs-i6 sebagai transmitter gelombang radio yang memiliki kecepatan 2.405-2.475GHz dengan teknologi telemetri AFHDS atau Automatic Frequency Hopping System Digital. Dan flysky fs-ia6b sebagai receiver yang memiliki 6 channel komunikasi. Radio kontrol TR-RX dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

H. ESC (Electronic Speed Control)

ESC adalah driver penggerak untuk jenis motor brushless, biasanya digunakan pada bidang aeronautical atau RC. Untuk kecepatan putarnya diatur oleh sinyal yang diterima dari pengontrol. Satu modul ESC digunakan untuk mengendalikan satu motor brushless saja. ESC dapat dilihat pada Gambar 9.

I. Buck Step Down Converter

Modul *step down Converter* adalah suatu rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai penurun tegangan yang dapat diatur (30 – 0.8V). *Step down converter* dapat dilihat pada Gambar 10.

J. Video Receiver

Modul video receiver adalah modul khusus yang memiliki fungsi sebagai penerima video FPV yang dikirim melalui video Transmitter yang berkomunikasi lewat frekuensi 5.8GHz. *Video receiver* dapat dilihat pada Gambar 12.

K. Video Transmitter TS832

Modul video transmitter TS832 adalah modul khusus untuk mengirimkan video dari kamera FPV lewat gelombang frekuensi 5.8GHz. *Video Transmitter* dapat dilihat pada Gambar 11.

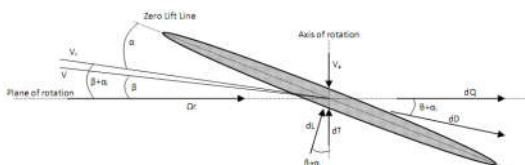
L. Relay Kit

Relay berfungsi sebagai saklar otomatis, dalam sistem yang dibuat relay sebagai pembalik polaritas motor *brushless*. Relay kit dapat dilihat pada Gambar 13.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Dalam perancangan *underwater ROV* ini memerlukan konsep yang matang guna mendapat hasil yang sesuai tujuan. Pemilihan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang merupakan implementasi sistem mekanik dan sistem kontrol pada robot *underwater ROV* sangat mempengaruhi perancangan robot *underwater ROV*, sehingga robot *underwater ROV* menjadi lebih akurat dalam bermanuver sesuai perintah yang diberikan. Konsep dasar merupakan pedoman untuk merencanakan sesuatu dalam melakukan rancangan (desain), dimana konsep ini memuat langkah-langkah dan petunjuk untuk menentukan sesuatu penunjang yang dibutuhkan dalam mendesain. Berikut ini diagram blok dan gambaran sistem kendali untuk kestabilan penyelaman robot *underwater ROV*.



Gambar 5. Baling-baling



Gambar 9. Esc (Electronic Speed Control)



Gambar 6. Arduino Mega 2560



Gambar 10. Buck Step Down Converter



Gambar 7.(TX)



Gambar 8.(RX)



Gambar 11. Transmitter(TX)



Gambar 12. Receiver (RX)



Gambar 13. Relay kit

1) *Perancangan Rangkaian*

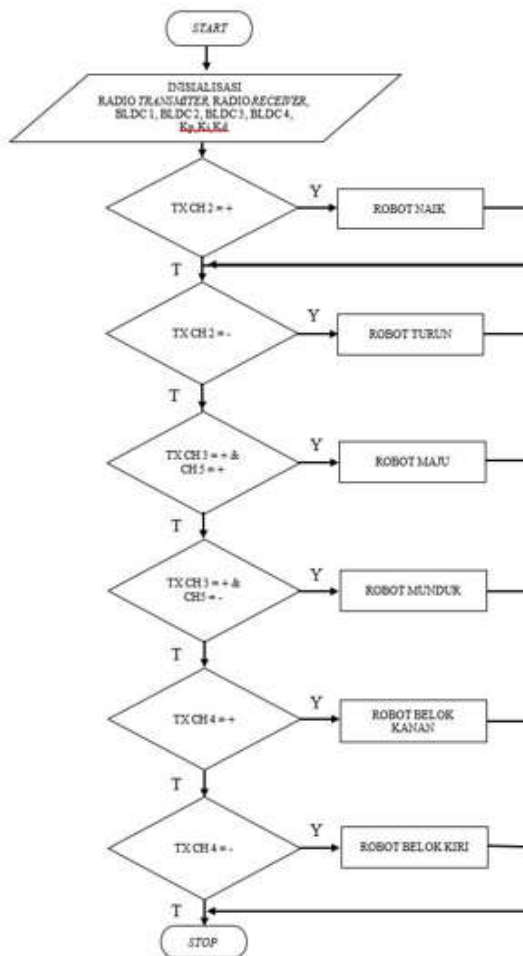
- a) Brushless DC Motor. Berfungsi sebagai penggerak robot dalam bermanuver dan bernavigasi
- b) Arduino Mega 2560. Berfungsi sebagai otak atau pengendali utama dalam sistem.
- c) Radio kontrol penerima (RX). Berfungsi sebagai penerima sinyal dari pemancar sinyal (TX).
- d) Relay berfungsi sebagai saklar otomatis, dalam sistem yang dibuat relay sebagai pembalik polaritas dari *brushless* motor.
- e) ESC (*Electronic Speed Control*). Berfungsi sebagai driver atau pengatur kecepatan motor *brushless*.
- f) *Buck Step Down Converter*. Berfungsi sebagai penurun tegangan DC dari 30V sampai 0.8V. Perancangan rangkaian pada sistem ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu bagian masukan, pengendali dan keluaran.

Pada bagian masukan rangkaian terdapat 1 komponen yaitu penerima radio kontrol (RX), yang di hubungkan ke pin *digital* pada modul Arduino.

Pada bagian pengendali digunakan Arduino mega 2560 sebagai pengendali untuk memberi perintah dari kerja robot sesuai program yang di buat. Esc (*Electronic Speed Control*). Berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor DC brushless melalui perintah Arduino mega 2560 dan membutuhkan tegangan masukan sebesar 12V. pada sistem yang dibuat relay berfungsi sebagai pengatur arah putaran motor.

2) *Perancangan diagram alur sistem kerja robot*

Untuk mempermudah perancangan perangkat lunak pengontrolan robot terlebih dahulu dibuat diagram alur (*flowchart*) untuk menjabarkan alur kerja sistem pada robot. Berdasarkan Gambar 14, menunjukkan dimana diagram alur robot saat menerima perintah dari *remote* kontrol, di baca pengontrol dan di teruskan ke aktuator.

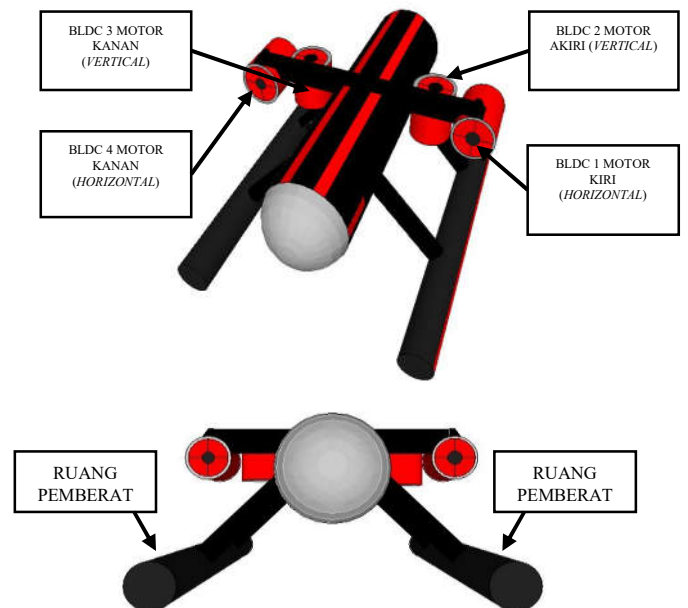


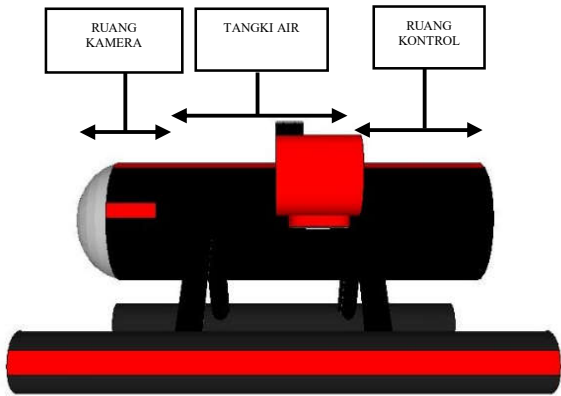
Gambar 14 Diagram alur keseluruhan sistem

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil desain

Robot underwater ROV merupakan robot yang dibuat agar dapat mengganti tugas manusia dalam bidang ke maritim. Robot underwater di desain sedemikian rupa agar dapat menahan tekanan air dan tidak mudah berkarat. Adapun hasil desain Robot underwater ini ditunjukkan pada Gambar 15.

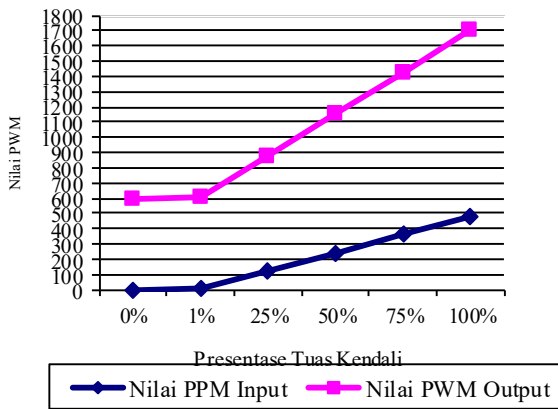




Gambar 15. Desain Robot Rov

TABEL I  
PERSENTASE TUAS KENDALI RC DENGAN NILAI PWM

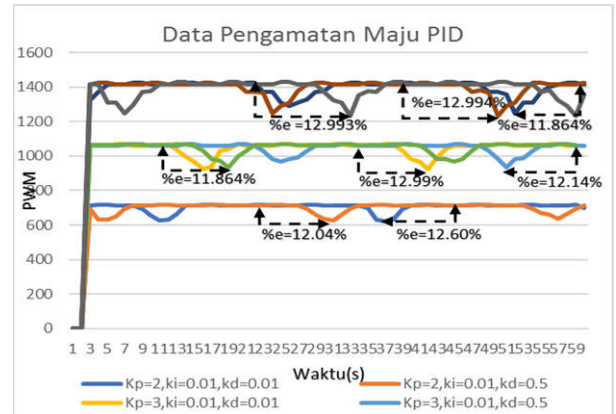
Persentase Tuas Kendali	Nilai PPM input	Nilai PWM
0%	0	600
1%	4.85	611
25%	121.25%	875
50%	242.2%	1150
75%	363.75%	1425
100%	485%	1700



Gambar 16. Persentase Tuas kendali sistem

**B. Hasil Pengujian**

Pengujian diawali dengan pembuatan program penerima radio kontrol (RX), dimana nilai input (Remote Control) dan output dari Arduino (ESC) menggunakan nilai optimal PWM masing – masing. Untuk kendali input dari Remote Control memiliki rentang nilai terkecil hingga terbesar yaitu 0 sampai 485. Untuk nilai PWM output kendali ESC memiliki rentang nilai terkecil hingga terbesar yaitu 600 sampai 1800. Dimana 600 merupakan nilai PWM untuk putaran motor rendah (minimal) dan putaran tertinggi (maximal) motor yaitu dengan memberi nilai PWM 1800. Pengujian robot dilakukan dengan memperhatikan alur kerja robot sesuai sistem yang dibuat. Pengujian dilakukan di



Gambar 17. Grafik kontrol proporsional-integral-derivatif Maju (PID)

TABEL II

PENGUJIAN PWM DENGAN STEADY STATE DAN ERROR STEADY STATE PID

konstant a	Uji I	Uji II	Uji III	Uji IV	Uji V
Kp	2	2	3	3	4
Ki	0.01	0.5	0.01	0.5	0.01
Kd	0.01	0.5	0.01	0.5	0.01
Steady state	720	714	1062	1062	1416
%Error steady state	-	-	-	-	-
state	12.60	12.04	12.99	12.14	11.86
%	%	%	%	%	%
Selisih PWM	-96	-86	-135	-93	-168

air tawar (kolam renang) dengan disturbance (gangguan) yang berubah-ubah.

1) Pengujian Robot saat maju PID

Pada pengujian ini, akan dilihat hasil respon motor BLDC yang telah diimplementasikan dengan metode PID dan serta melihat perbedaan dari penentuan nilai konstanta berdasarkan trial and error. Nilai Tuas kendali ditetapkan sebesar 356 dan waktu pengambilan data selama 1 menit. Data selisih PWM di dapatkan dengan Mengurangkan nilai error steady state atau overshoot dengan nilai steady state. Persentase tuas kendali sistem dapat dilihat pada Gambar 16 dan Persentase tuas kendali RC dengan nilai PWM dapat dilihat pada Tabel I.

a) Pengujian robot maju dengan kontrol proporsional-integral-derivatif (PID)

Pengujian kontrol proporsional-integral-derivatif Gambar 17. Dapat dilihat parameter PID yang hampir mendekati stabil dengan nilai Kp:2,Ki:0.1,kd:0.5 dengan rise time sebesar 1 detik.terdepat perbedaan waktu error steady state dan pada saat nilai Kp:4 respon cenderung tidak stabil. Tabel II terdapat persamaan selisih pwm dengan nilai kp:4,ki:0.01,kd=0.5 dengan kp:4,ki:0.1,kd:0.5. Dari hasil respon yang diamati peneliti, respon dari sistem pada nilai Kp lebih dari 3 cenderung tidak stabil (error steady state). Untuk respon robot mundur sama dengan respon motor maju,hanya saja pada saat

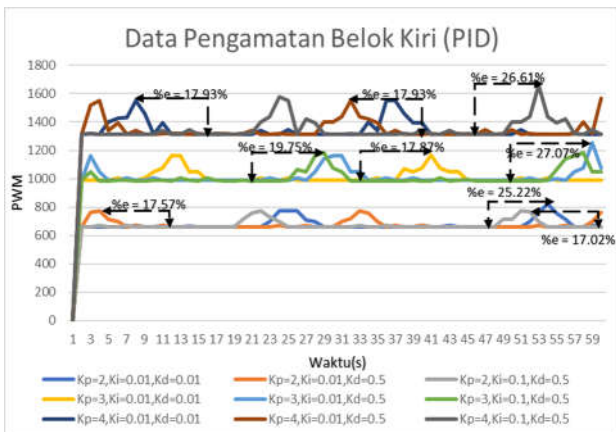
mundur robot, pengendali hanya perlu mengaktifkan *switch* pada *Joystick*.

2) *Pengujian Robot belok kiri dan belok kanan*

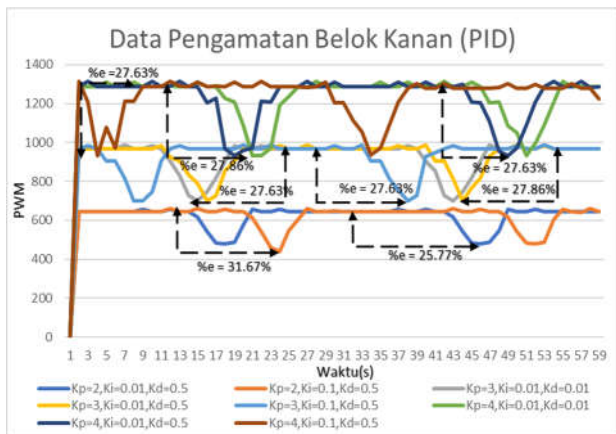
Pada pengujian ini, akan dilihat hasil respon motor BLDC yang telah diimplementasikan dengan metode PID dan serta melihat perbedaan dari penentuan nilai konstanta berdasarkan *trial and error*. Nilai Tuas kendali ditetapkan sebesar 329 dan waktu pengambilan data selama 1 menit. Pada pengujian robot belok kiri nilai overshoot didapat berdasarkan yang tertinggi, dan terdapat perbedaan waktu pada saat sistem overshoot. Berikut merupakan grafik dan tabel pengujian sistem robot pada saat belok kiri. Data selisih PWM di dapatkan dengan Mengurangkan nilai error steady state atau overshoot dengan nilai steady state

a) *Pengujian robot belok kiri dengan kontrol proporsional -integral-derivatif (PID).*

Pada Gambar 18 respon motor yang mendekati stabil dengan nilai  $K_p:2$ . overshoot 27.07% pada  $K_p:3, K_i:0.1, K_d:0.5$  dengan rise time 1 detik. Tabel III hasil perhitungan antara steady state dan overshoot, sebagai pembandingan dari keseluruhan hasil pengujian Proporsional – Integral – Derivatif (PID).



Gambar 18. Grafik kontrol proporsional-integral-derivatif belok kiri (PID)



Gambar 19. Grafik kontrol proporsional-integral-derivatif belok kanan (PID)

b) *Pengujian robot belok kanan dengan kontrol proporsional-integral-derivatif (PID).*

Gambar 19 Respon motor yang mendekati stabil dengan nilai  $K_p:2$  dan rise time 1 detik. Terdapat persamaan error steady state pada sistem, pada parameter  $K_p:2, K_i:0.01, K_d:0.5$  dan  $K_p:2, K_i:0.1, K_d:0.5$  memiliki respon sistem yang stabil. Tabel IV perbandingan PWM steady state dengan error steady state.

TABEL III  
PENGUJIAN PWM DENGAN *STEADY STATE* DAN *ERROR* MAKSIMUM *OVERSHOOT* PID

konstanta	Uji I	Uji II	Uji III	Uji IV	Uji V
Kp	2	2	3	3	4
Ki	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Kd	0.01	0.5	0.01	0.5	0.01
Steady state	659	659	986	986	1315
%Overshoot	25.22 %	17.57 %	17.87 %	27.07 %	17.93 %
Selisih PWM	164	116	180	267	236

TABEL IV  
PENGUJIAN PWM DENGAN *STEADY STATE* DAN *ERROR* *STEADY STATE* PID

konstanta	Uji I	Uji II	Uji III	Uji IV	Uji V
Kp	2	2	3	3	4
Ki	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Kd	0.01	0.5	0.01	0.5	0.01
Steady state	644.32	644.32	966.32	966.32	1288.03
%Error steady state	-22.77%	-31.67%	-27.63%	-27.86%	-27.86%
Selisih PWM	-166.3	-204.1	-267.3	-267.3	-356.01

TABEL V  
PENGUJIAN KECEPATAN NAVIGASI ROBOT DENGAN PARAMETER  $P= 2.2$

Jarak tempuh (meter)	Waktu tempuh (detik)
0	0
1	8.1
2	6.1
3	7.1
4	5.3
5	5

TABEL VI  
PENGUJIAN KECEPATAN NAVIGASI ROBOT DENGAN PARAMETER P= 2.3,  
I= 0.1,D= 0.01

Jarak tempuh (meter)	Waktu tempuh (detik)
0	0
1	8
2	6.6
3	5.6
4	7.4
5	5.5

TABEL VII  
PENGUJIAN KECEPATAN NAVIGASI ROBOT DENGAN PARAMETER P= 2.2,  
I= 0.1, D= 0.01

Waktu tempuh belok kiri (detik)	Waktu tempuh belok kanan (detik)
4.7	6.
4.7	5.5
3.3	7.6
3.6	4.6
4.3	5.4

3) Pengujian kecepatan navigasi robot pada saat maju

a. Pengujian kecepatan navigasi robot dengan parameter P= 2.2.

Pada Tabel V merupakan waktu tempuh terhadap jarak tempuh pada navigasi robot dengan nilai konstanta  $K_p = 2.2$ . Jarak tempuh navigasi dibagi menjadi 5 bagian yaitu 1 meter, 2 meter, 3 meter, 4 meter, dan 5 meter. Dengan nilai konstanta  $P = 2.2$  maka menghasilkan respon kecepatan yang linier. Disetiap pengujian terjadi perbedaan waktu tempuh dikarenakan gelombang atau riak air. Waktu tempuh tercepat dari robot adalah 5 detik (5 meter) dan waktu terlama adalah 8.1 detik (1 meter).

b. Pengujian kecepatan navigasi robot pada saat maju dengan parameter P= 2.3, I= 0.1, D= 0.01.

Pada Tabel VI merupakan waktu tempuh terhadap jarak tempuh pada navigasi robot dengan nilai konstanta  $K_p = 2.3$ ,  $K_i = 0.1$ ,  $K_d = 0.01$ . Jarak tempuh navigasi dibagi menjadi 5 bagian yaitu 1 meter, 2 meter, 3 meter, 4 meter, dan 5 meter. Menghasilkan respon kecepatan yang linier. Disetiap pengujian terjadi perbedaan waktu tempuh dikarenakan gelombang atau riak air. Waktu tempuh tercepat dari robot adalah 5.5 detik (5 meter) dan waktu terlama adalah 7.4 detik (4 meter).

4) Pengujian kecepatan navigasi robot saat belok kanan dan kiri.

a. Pengujian kecepatan navigasi robot saat belok kanan dan belok kiri dengan parameter P= 2.2, I= 0.1, D= 0.01.

Pada Tabel VII merupakan waktu yang dibutuhkan saat robot belok kiri  $90^\circ$  dan belok kanan  $90^\circ$ . Disetiap pengujian terjadi perbedaan waktu antara belok kiri dan belok kanan dikarenakan gelombang atau riak air. Waktu belok kiri tercepat adalah 3.3 detik waktu terlama adalah 4.7 detik. Pada belok kanan waktu tercepat adalah 4.6 detik dan waktu terlama adalah 7.6 detik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan dalam Kestabilan Kendali PID untuk Sistem Navigasi pada Robot *Underwater ROV*, maka dapat disimpulkan beberapa hal terkait dengan hasil dari penelitian yaitu:

- 1) Dalam pengujian PID minimal nilai  $K_p=2$ . dan Maksimal 2.2 semakin besar nilai  $K_p$ , maka semakin besar juga *error* pada sistem.
- 2) Pada pengujian robot belok kiri nilai  $K_p=3$ , respon robot cenderung mengalami *overshoot*.
- 3) Pada pengujian robot belok kanan dan maju dengan nilai  $K_p=3$ , respon robot cenderung mengalami *error steady state*.
- 4) Pada pengujian robot belok kanan dan belok kiri dengan sudut  $90^\circ$  terdapat perbedaan waktu tempuh, dimana belok kiri cenderung lebih cepat.
- 5) *Error* atau kesalahan pada sistem terjadi karena setpoint berubah-ubah meskipun tuas pada *joystick* tidak berubah.
- 6) Respon sistem yang stabil maksimal parameter  $K_p=2.2$ .
- 7) Gelombang atau riak air sangat mempengaruhi hasil dari pengambilan data.
- 8) Menggunakan Metode PID di dalam program menghemat pemakaian Memori dan kecepatan pada ke dua motor sama.
- 9) Waktu tercepat Untuk robot belok kiri dan belok kanan dengan nilai maksimal  $K_p=2.2$ .
- 10) Untuk belok kiri waktu tercepat sebesar 3.3 detik pada parameter  $K_p=2.2, K_i=0.1, K_d=0.01$ . Dan terlambat sebesar 7.4 detik pada parameter  $K_p=3$ .
- 11) Untuk belok kanan waktu tercepat sebesar 3.4 detik pada parameter  $K_p=2, K_i=0.1, K_d=0.01$ . Dan terlambat sebesar 7.9 detik pada parameter  $K_p=3$ .
- 12) Respon sistem hanya bereaksi pada parameter  $K_p$  dan  $K_d$  saja.

B. Saran

- 1) Sebaiknya Remote Kontrol pada ROV diganti dengan Remote Kontrol yang bisa menembus air.

- 2) Untuk pengambilan data sebaiknya dimulai dari keadaan 0 pada tuas Remote Kontrol agar pada saat menganalisa data PWM lebih mudah.
- 3) Dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor ultrasonic atau sonar dan sensor kompas, agar robot dapat kembali ke posisi semula jika terjadi hilang komunikasi antara Joystick dengan sistem.
- 4) Robot ROV dapat dikembangkan sebagai robot pembersihan kolam.
- 5) Sebaiknya robot dilengkapi dengan sensor tekanan agar pengguna dapat mengetahui robot telah berada di dasar air.

#### V. KUTIPAN

- [1] Anonymous. Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah Sarjana (KTIS). Departemen Pendidikan Nasional Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado. 2006.
- [2] Arduino, cc. Arduino Mega 2560, [Online]. Tersedia di: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560>, 8 oktober 2017.
- [3] D.Y.Agung, H.P.Sasongko. Suharyanto, “Pengendalian Kecepatan Motor *Brushless* DC (BLDC).
- [4] A. Hendriawan, G.Prasetyo. H.Oktavianto.“Sistem Kontrol Altitude pada UAV Model Quadcopter dengan Metode PID”. The 14th Industrial Electronics Seminar 2012 (IES 2012). Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Surabaya.,2012
- [5] N.Hidayat. “Rancang Bangun Sistem Kendali Quadrotor untuk Keseimbangan Posisi dengan PID.” *Skripsi* Program S1 Teknik Elektro Universitas Indonesia. Depok.2009
- [6] F.Irawan. A.Yulianto. “Perancangan Prototype Robot Observasi Bawah Air dan Kontrol Hovering Menggunakan Metode PID Control.” *Skripsi* Program S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Internasional Batam., 2015.
- [7] H.A.Kusuma. “Rancang Bangun Mini *Remotely Operated Vehicle* (ROV) Untuk Eksplorasi Bawah Air”. *Skripsi* Program S1 Ilmu dan Teknologi Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.,2012
- [8] P.M Dwisnanto. “Rancang Bangun Robot Cerdas Semut Menggunakan Mikrokontroler Avr Atmega 16 Untuk Menentukan Lintasan Terpendek”. *Skripsi* Program S1 Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2010.
- [9] V. Susilo. “Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kedalaman Sungai”. *Skripsi* Program S1 Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi. Manado. 2015.



Penulis bernama lengkap Yeheskiel Colia, anak Keenam dari tujuh bersaudara. Lahir di Seberaya pada tanggal 11 Januari 1993. Penulis menempuh Pendidikan secara berturut di SDN Inpres Seberaya (1999-2005),Selanjutnya, melanjutkan ke SLTPN 1 Tigapanah (2005-2008) dan menyelesaikan sekolah menengah kejuruan di SMKN 1 Merdeka (2009-2012).

Tahun 2012, penulis melanjutkan studi di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Dua tahun kemudian, yaitu tahun 2014, penulis memilih konsentrasi minat Teknik Kendali. Setelah menyelesaikan Kerja Praktek di PT. Freeport Indonesia selama 2 bulan. Dan melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu angkatan 112 di Desa Motongkad, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. Penulis memutuskan untuk menulis Tugas Akhir mengenai Kestabilan Kendali PID Untuk Sistem Navigasi Pada Robot Underwater ROV (*Remotely Operated Vehicle*).

Selama kuliah, penulis pernah aktif dalam organisasi mahasiswa antara lain menjadi Pengurus Himpunan Mahasiswa Elektro Periode 2016 – 2017. Penulis juga pernah menjabat sebagai Koordinator Robotika Di Laboratorium Teknik Kendali Universitas Sam Ratulangi periode 2014-2015, serta menjadi peserta Kontes Robot Indonesia 2014 di Universitas Mataram dan peserta Kontes Robot Indonesia 2015 di Politeknik Negeri Banjarmasin.