

Implementasi Metode Proportional, Integral, Derivative (PID) Sebagai Kontrol Kapal Autonomous Dengan Sistem Waypoint Untuk Wahana Batimetri

Dedy Prayogy Amsyafi Putra¹, Suryadhi², Rudi Siap Bintoro³

^{1,2}Program Studi Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya

³Program Studi Oseanografi, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya

E-mail : dedyprayogyap@gmail.com

ABSTRACT : Indonesia is the world's largest island nation with many islands and more seas than land. Because of the size of the Indonesian sea, oceanographic science is needed. Oceanographic learning involves the study of the underwater depths of the batimetric sciences. Batimetric science is crucial because it studies underwater depth. Batimetric processes in Indonesia today generally employ large vessels with manual control, resulting in the skill required of drivers at risk for obtained track data. With the problem, it has been designed to disrupt the autonomous control system with a pid waypoint system that would provide stable direction for the ship. The control system USES the arduino microcontroller which is used for processing data. The data obtained are data coordinates obtained from the GPS and the ship's navigation data obtained from the compass sensors. The data obtained will be processed and applied to pid methods. Of the pid process can be generated the degree degree required to power the servo motor connected to the ship's rudder. In this research USES four coordinate points of starting point, first goal point, second point of destination, and third point of goal. Once it reaches the third point of destination, the ship will return to its starting point. From the results of the testing done, the result is a kostanta pid score of $KP = 8$, $ki = 5$, $kd = 3.5$. Tests enabled the system that kept the ship's course steady as it should. So the ship goes on track.

Keyword : Batimetri, waypoint, GPS, compass sensor, PID

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki 17.504 pulau dengan 2,01m² juta luas daratan dan 3,25m² luas lautan yang menandakan bahwa luas lautan Indonesia lebih besar dari pada luas daratannya (KKPRI, 2017). Dikarenakan hal ini, menjadikan banyak ilmu yang berkembang mempelajari lautan, salah satunya ilmu oseanografi. Dalam ilmu oseanografi terdapat ilmu yang mempelajari kedalaman bawah laut yang disebut ilmu batimetri. Ilmu batimetri merupakan ilmu yang mempelajari pemetaan topografi dasar laut (Djunarsjah, 2005). Saat ini proses batimetri umumnya menggunakan kapal berukuran besar dengan kendali manual. Dengan kendali manual, maka kelincihan bergantung pada pengemudi kapal yang dapat menyebabkan kapal melenceng dari track yang seharusnya. Maka dengan adanya permasalahan ini, akan dibuat sebuah kapal *autonomous* menggunakan sistem *waypoint* dengan GPS sebagai pemberi informasi koordinat serta menggunakan metode *Proportional Integral Derivative* (PID) sebagai kontrol pada kemudi kapal guna menstabilkan arah kapal saat bergerak yang nantinya

akan membantu mempermudah proses survey batimetri.

Pada kapal *autonomous* ini, metode PID diterapkan untuk mengontrol motor servo yang telah dihubungkan ke rudder kapal. Kapal akan mendapatkan informasi berupa koordinat dan arah yang akan dituju dari modul GPS dan sensor kompas. Data yang didapatkan tersebut akan menjadi acuan sistem kontrol untuk menggerakkan kapal sesuai dengan arah dan tujuan yang telah ditentukan. Diharapkan dengan dirancang dan dikembangkannya kapal *autonomous* dengan sistem *waypoint* menggunakan PID ini maka akan semakin terbantu proses kegiatan survey batimetri yang ada pada ilmu oseanografi.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan penelitian ini yaitu

1. Untuk memperbaiki sistem survey batimetri yang digunakan mahasiswa pada umumnya menjadi lebih efisien.

LANDASAN TEORI

Batimetri

Batimetri merupakan suatu ilmu yang mempelajari pengukuran kedalaman perairan (Setiyono, 1996). Batimetri adalah proses penggambaran dasar perairan di mulai dari pengukuran, pengolahan hingga visualisasi (Poerbandono&Djunarsjah, 2005). Informasi batimetri sangatlah penting dan dapat digunakan dalam dasar penelitian maupun operasi kelautan.

Katamaran

Kapal katamaran merupakan jenis kapal yang memiliki dua lambung. Saat ini penggunaan kapal katamaran sedang meningkat dikarenakan memiliki tingkat efisiensi dan performa hidrodinamika lebih baik jika dibandingkan dengan kapal yang memiliki satu lambung (*monohull*). Kapal katamaran dapat digunakan sebagai kapal penumpang (*ferries*), sarana olahraga (*sporting craft*), dan sebagai kapal riset oseanografi (*oceanografi research vessels*).

Pada pembuatan kapal, desain lambung merupakan bagian yang penting karena desain lambung dapat memprediksi besar hambatan dan tenaga mesin yang akan digunakan. Desain lambung pada kapal katamaran dapat memperkecil gangguan yang disebabkan permukaan air (*disturbance on the free surface*) yang dengan sendirinya akan memperkecil hambatan pada kapal. Susunan lambung kapal katamaran dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Lambung simetris,
2. Lambung asimetris.

GPS Neo-6m

Global Positioning System merupakan sistem yang digunakan untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyalarsan sinyal satelit. Untuk dapat menggunakan GPS kita membutuhkan modul GPS *receiver*. Modul *GPSreceiver* tersebut akan mengeluarkan data dalam bentuk serial dengan beberapa jenis standar protocol yang salah satu jenis standart tersebut adalah NMEA (*National Marine Electronics Assosiation*) dan tipe data yang digunakan yaitu RMC (*Recommended Minimum data*).

```
$GPRMC,hhmmss,status,latitude,N,longitu  
de,E,spd,cog,ddmmyy,mv,mvE,mode*cs<CR><LF>
```

Gambar 2.1 Struktur tipe data RMC

GPS Neo-6m merupakan modul GPS produksi ublox AG yang menggunakan komunikasi UART dengan protocol NMEA 0183 dengan pilihan nilai

baudrate yang bervariasi diantara 4800,9600, dan 38400. GPS ini memiliki tingkat akurasi mencapai 2,5 meter. Modul GPS ini memberikan informasi berupa titik lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*).

Sensor Kompas

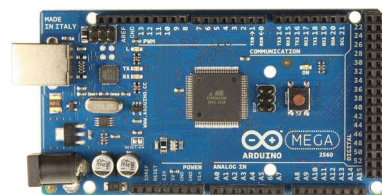
Modul HMC5883L merupakan sensor kompas yang sangat sensitif terhadap rotasi dan arah hadap sensor. Sensor ini menggunakan medan magnet sebagai acuan. Sensor ini memiliki jangkauan pembacaan medan magnet dari -8 hingga 8 Gauss dengan resolusi sampai 5 miligauss. HMC5883L menggunakan antarmuka I2C dan telah dilengkapi ADC internal 12 bit sehingga menghasilkan output berupa sinyal digital (Rizky, 2015). Modul HMC5883L termasuk sensor yang *low power consumption* dikarenakan konsumsi daya yang rendah.



Gambar 2.2. Modul HMC5883L44

Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah mikrokontroler berbasis Atmega2560 yang dilengkapi 54 pin input/output, 16MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino mega 2560 merupakan versi terbaru dari versi sebelumnya yaitu arduino mega (Arduino, 2016).

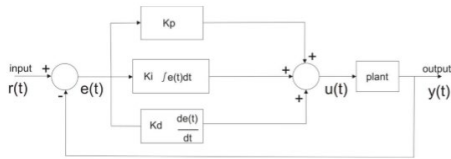


Gambar 2.3. Arduino Mega 2560

PID

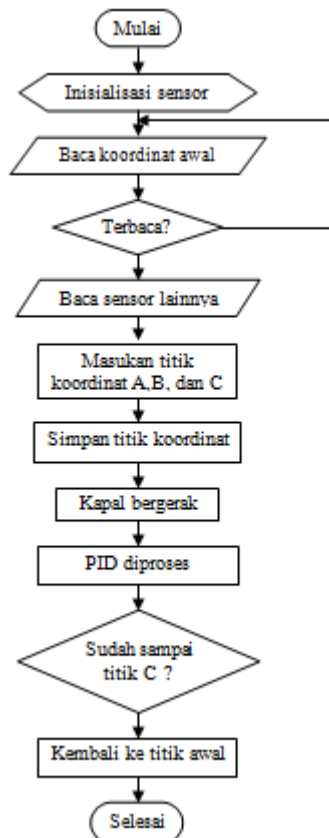
PID merupakan sebuah metode kontrol yang terdiri dari gabungan kontrol proposional, integral, dan derivative. Pada kontrol PID terdapat sistem loop tertutup dengan memberikan feedback agar mendapatkan hasil respon yang sesuai. Keluaran kontrol PID merupakan hasil dari penambahan kontrol proposional, integral dan derivative. Apabila salah satu konstanta dari tiap kontrol berubah maka

akan berpengaruh terhadap respon yang dihasilkan. Kontrol proposional akan memberikan koreksi penyimpangan. Kontrol integral menghasilkan jumlahan error. Sedangkan kontrol derifative menghasilkan kendali sesuai perubahan error.

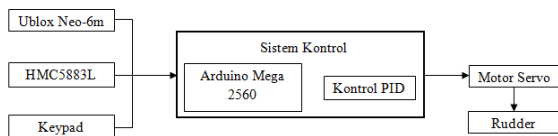


Gambar 2.4. Diagram blok kontrol PID

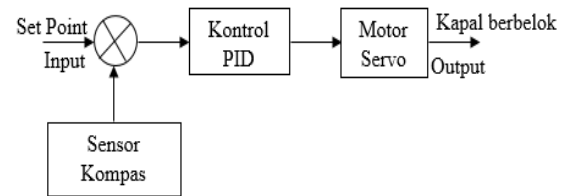
METODE PENELITIAN
Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Flowchart Sistem



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem



Gambar 3.3. Diagram blok sistem kontrol PID pada kemudi

PEMBAHASAN

Pengujian sensor GPS

Tabel 4.1. Pengujian lat sensor GPS di lokasi 1

Data	Lat GPS	Lat Maps
1	-7.258253	-7.258247
2	-7.258254	-7.258247
3	-7.258254	-7.258247
4	-7.258254	-7.258247
5	-7.258255	-7.258247
6	-7.258255	-7.258247
7	-7.258255	-7.258247
8	-7.258255	-7.258247
9	-7.258256	-7.258247
10	-7.258256	-7.258247

- Selisih lat sensor GPS dengan Maps
 $selisih = 7^{\circ}15'29.689 - 7^{\circ}15'29.714 = 0,03''$
 $0,025'' = 0,77 \text{ meter}$
- Presentase selisih

$$\% \text{ selisih} = \frac{7,258247 - 7,258254}{7,258247} \times 100\%$$

$$= 0,00000096\%$$

Tabel 4.2. Pengujian lon sensor GPS di lokasi 1

Data	Lon GPS	Lon Maps
1	112.649070	112.649083
2	112.649070	112.649083
3	112.649078	112.649083
4	112.649078	112.649083
5	112.649078	112.649083
6	112.649078	112.649083
7	112.649078	112.649083
8	112.649085	112.649083
9	112.649085	112.649083
10	112.649085	112.649083

- Selisih lon sensor GPS dengan Maps
 $selisih = 112^{\circ}38'56,698'' - 112^{\circ}38',68''$
 $= 0,01''$
 $0,018'' = 0,55 \text{ meter}$

- Presentase selisih

$$\begin{aligned} \% \text{ selisih} &= \frac{112,649083 - 112,649078}{112,649083} \\ &\quad \times 100\% \\ &= 0,00000044\% \end{aligned}$$

Tabel 4.3. pengujian lat sensor GPS lokasi 2

Data	Lat GPS	Lat Maps
1	-7.241226	-7.241205
2	-7.241227	-7.241205
3	-7.241227	-7.241205
4	-7.241227	-7.241205
5	-7.241227	-7.241205
6	-7.241227	-7.241205
7	-7.241228	-7.241205
8	-7.241227	-7.241205
9	-7.241226	-7.241205
10	-7.241226	-7.241205

- Selisih lat sensor GPS dengan Maps
 $\text{selisih} = 7^{\circ}14'28,338'' - 7^{\circ}14'28,413''$
 $= 0,075''$
 $0,075'' = 2,3 \text{ meter}$
- Presentase selisih
 $\% \text{selisih} = \frac{7,241205 - 7,241226}{7,241205} \times 100\%$
 $= 0,0000029\%$

Tabel 4.4. Pengujian lon sensor GPS lokasi 2

Data	Lon GPS	Lon Maps
1	112.628700	112.628732
2	112.628700	112.628732
3	112.628700	112.628732
4	112.628700	112.628732
5	112.628700	112.628732
6	112.628700	112.628732
7	112.628700	112.628732
8	112.628700	112.628732
9	112.628700	112.628732
10	112.628700	112.628732

- Selisih lon sensor GPS dengan Maps
 $\text{selisih} = 112^{\circ}37'43,759'' - 112^{\circ}37'43,32''$
 $= 0,439''$
 $0,439'' = 13,57 \text{ meter}$
- Presentase selisih
 $\% \text{selisih} = \frac{112.628732 - 112.628700}{112.628732} \times 100\% = 0,00000028\%$

Tabel 4.5. pengujian lat sensor GPS lokasi 3

Data	Lat GPS	Lat Maps
1	-7.239995	-7.239998
2	-7.239995	-7.239998
3	-7.239995	-7.239998
4	-7.239995	-7.239998
5	-7.239994	-7.239998

6	-7.239994	-7.239998
7	-7.239994	-7.239998
8	-7.239994	-7.239998
9	-7.239994	-7.239998
10	-7.239993	-7.239998

- Selisih lat sensor GPS dengan Maps
 $\text{selisih} = 7^{\circ}14'23,998'' - 7^{\circ}14'23,978'' = 0,02''$
 $0,02'' = 0,61 \text{ meter}$
- Presentase selisih
 $\% \text{ selisih} = \frac{7.239998 - 7.239994}{7.239998} \times 100\%$
 $= 0,00000055\%$

Tabel 4.6. Pengujian lon sensor GPS lokasi 3

Data	Lon GPS	Lon Maps
1	112.629219	112.629247
2	112.629219	112.629247
3	112.629219	112.629247
4	112.629211	112.629247
5	112.629211	112.629247
6	112.629211	112.629247
7	112.629211	112.629247
8	112.629211	112.629247
9	112.629211	112.629247
10	112.629211	112.629247

- Selisih lon sensor GPS dengan Maps
 $\text{selisih} = 112^{\circ}37'45,289'' - 112^{\circ}37'45,135''$
 $= 0,154''$
 $0,154'' = 4,76 \text{ meter}$
- Presentase selisih
 $\text{error} = \frac{112.629247 - 112.627211}{112.629247} \times 100\%$
 $= 0,00000031\%$

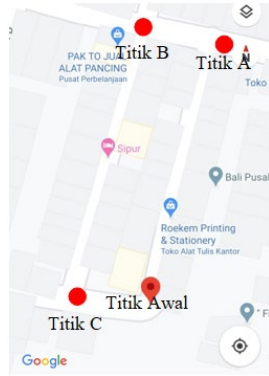
Pengujian sensor kompas

Tabel 4.7. Pengujian sensor kompas

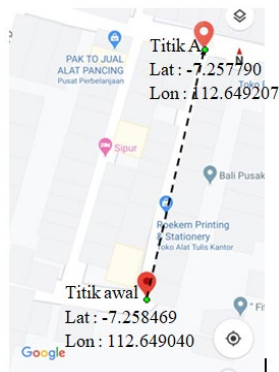
Data	Busur	Sensor kompas
1	0°	0°
2	35°	35°
3	70°	71°
4	105°	106°
5	140°	140°
6	175°	176°
7	210°	211°
8	245°	245°
9	290°	290°
10	350°	349°

Pada hasil pengujian sensor kompas HMC5883L menunjukkan bahwa rata-rata selisih dari sensor kompas adalah sebesar 1°.

Pengujian pergerakan waypoint



Gambar 4.1. Titik waypoint pengujian



Gambar 4.2. Pengujian waypoint pertama

- Sudut titik waypoint pertama

Titik awal = -7.258469, 112.649040

Titik A = -7.257790, 112.649207

$$\tan AB = \frac{\text{lon A} - \text{lon Awal}}{\text{lat A} - \text{lat Awal}}$$

$$= \frac{112.649207 - 112.649040}{-7.257790 - (-7.258469)}$$

$$= \frac{0,000167}{0,000679}$$

$$= 0,245949926$$

$$\alpha = \arctan(0,245949926) = 13,81^\circ$$
- Jarak titik awal ke titik A

$$X = \text{lon A} - \text{lon awal}$$

$$= 112^\circ 38' 57,14'' - 112^\circ 38' 56,54''$$

$$= 0,6'' = 18,55 \text{ meter}$$

$$Y = \text{lat A} - \text{lat awal}$$

$$= 7^\circ 15' 28,04'' - 7^\circ 15' 30,48''$$

$$= 2,44'' = 75,45 \text{ meter}$$

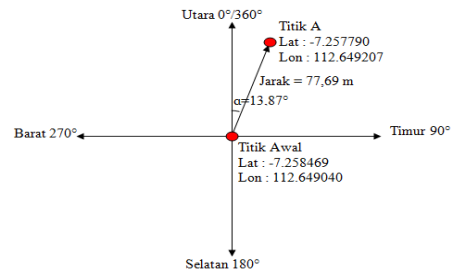
$$\text{Jarak} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$= \sqrt{18,53^2 + 75,45^2}$$

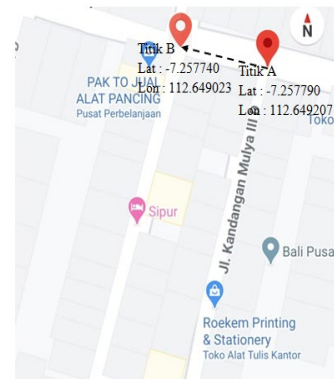
$$= \sqrt{344,1 + 5.692,7}$$

$$= \sqrt{(6.036,8)}$$

$$= 77,69 \text{ meter}$$



Gambar 4.3. Sketsa hasil perhitungan waypoint pertama



Gambar 4.4. Pengujian waypoint kedua

- Sudut titik waypoint kedua

Titik A = -7.257790, 112.649207

Titik B = -7.257740, 112.649023

$$\tan AB = \frac{\text{lon B} - \text{lon A}}{\text{lat B} - \text{lat A}}$$

$$= \frac{112.649023 - 112.649207}{-7.257740 - (-7.257790)}$$

$$= \frac{-0,000184}{0,00005}$$

$$= -3,68$$

$$\alpha = \arctan(-3,68) = -77,79^\circ$$

$$\text{azimuth} = -77,79^\circ + 360^\circ = 282,21^\circ$$
- Jarak titik A ke titik B

$$X = \text{lon B} - \text{lon A}$$

$$= 112^\circ 38' 56,48'' - 112^\circ 38' 57,14''$$

$$= 0,66'' = 20,40 \text{ meter}$$

$$Y = \text{lat B} - \text{lat A}$$

$$= 7^\circ 15' 27,86'' - 7^\circ 15' 28,04''$$

$$= 0,18'' = 5,56 \text{ meter}$$

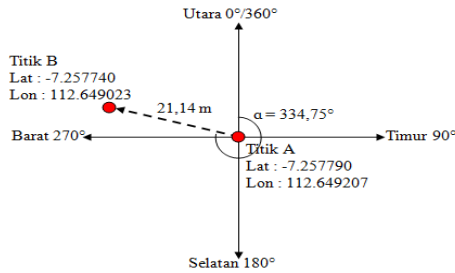
$$\text{Jarak} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$= \sqrt{20,40^2 + 5,56^2}$$

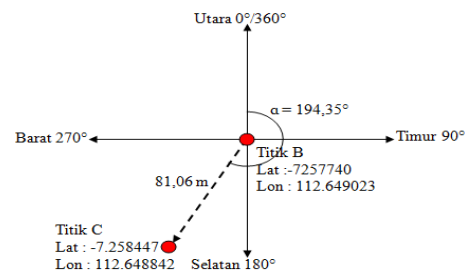
$$= \sqrt{416,16 + 30,91}$$

$$= \sqrt{447,07}$$

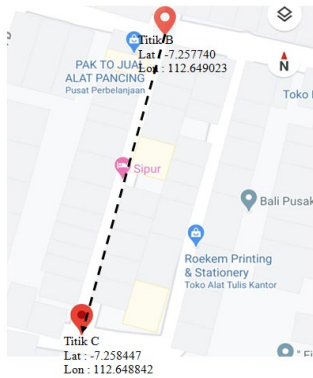
$$= 21,14 \text{ meter}$$



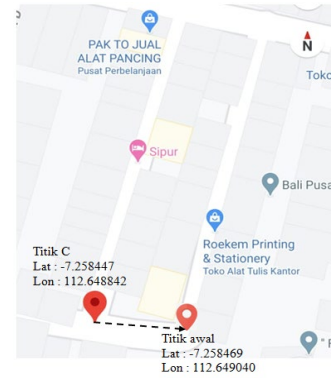
Gambar 4.5. Sketsa hasil perhitungan waypoint kedua



Gambar 4.7. Sketsa hasil perhitungan waypoint ketiga



Gambar 4.6. Pengujian waypoint ketiga



Gambar 4.8. Pengujian waypoint keempat

1. Sudut titik waypoint ketiga

Titik B = -7.257740, 112.649023

Titik C = -7.258447, 112.648842

$$\begin{aligned} \tan BC &= \frac{\text{lon}C - \text{lon}B}{\text{lat}C - \text{lat}B} \\ &= \frac{112.648842 - 112.649023}{-7.258447 - (-7.257740)} \\ &= \frac{-0,000181}{-0,000707} \\ &= 0,256011315 \end{aligned}$$

$$\alpha = \arctan(0,256011315) = 14,35^\circ$$

$$\text{azimuth} = 14,35^\circ + 180^\circ = 194,35^\circ$$

2. Jarak titik B ke titik C

$$\begin{aligned} X &= \text{lon}C - \text{lon}B \\ &= 112^\circ 38' 55,83'' - 112^\circ 38' 56,48'' \\ &= 0,65'' = 20,09 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \text{lat}C - \text{lat}B \\ &= 7^\circ 15' 30,40'' - 7^\circ 15' 27,86'' \\ &= 2,54'' = 78,54 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ &= \sqrt{20,09^2 + 78,54^2} \\ &= \sqrt{403,6 + 6168,53} \\ &= \sqrt{6572,13} \\ &= 81,06 \text{ meter} \end{aligned}$$

1. Sudut titik waypoint keempat

Titik C = -7.258447, 112.648842

Titik awal = -7.258469, 112.649040

$$\begin{aligned} \tan CA &= \frac{\text{lon}Awal - \text{lon}C}{\text{lat}Awal - \text{lat}C} \\ &= \frac{112.649040 - 112.648842}{-7.258469 - (-7.258447)} \\ &= \frac{0,000198}{-0,000022} \\ &= -9 \end{aligned}$$

$$\alpha = \arctan(-9) = -83,65980825 = -83,65^\circ$$

$$\text{azimuth} = -83,65^\circ + 180^\circ = 96,35^\circ$$

2. Jarak titik C ke titik Awal

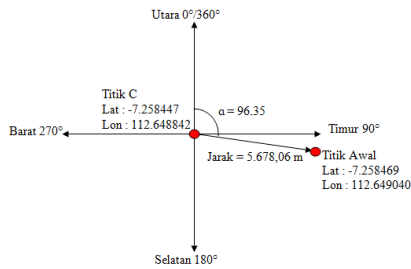
Titik C = $7^\circ 15' 30,40''$, $112^\circ 38' 55,83''$

Titik awal = $7^\circ 15' 30,48''$, $112^\circ 38' 56,54''$

$$\begin{aligned} X &= \text{lon}Awal - \text{lon}C \\ &= 112^\circ 38' 56,54'' - 112^\circ 38' 55,83'' \\ &= 0,71'' = 21,95 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \text{lat}Awal - \text{lat}C \\ &= 7^\circ 15' 30,48'' - 7^\circ 15' 30,40'' \\ &= 0,08'' = 2,47 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ &= \sqrt{21,95^2 + 2,47^2} \\ &= \sqrt{481 + 6,1} \\ &= \sqrt{487,9} \\ &= 22,08 \text{ meter} \end{aligned}$$



Gambar 4.9. sketsa hasil perhitungan waypoint keempat

Pengujian kontrol PID

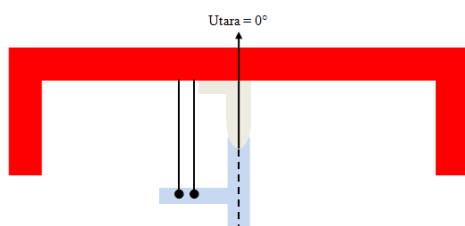
Dalam pengujian sistem kontrol PID pada kapal, untuk menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d maka digunakanlah cara *trial and error*. *Trial and error* merupakan cara untuk mencari nilai hingga ditemukannya hasil yang baik dengan nilai error terkecil dan mendekati set point yang seharusnya. Pada pengujian ini telah ditemukan nilai dari K_p , K_i , dan K_d yaitu $K_p = 8$, $K_i = 5$, dan $K_d = 3,5$.

Tabel 4.8. hasil percobaan di titik awal

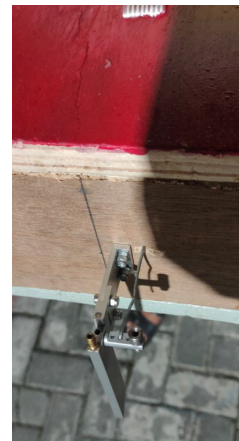
No	Arah kapal	Arah tujuan	Nilai K_p	Nilai K_i	Nilai K_d	Keterangan
1	0°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 8° ke kanan
2	13°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 3° kanan
3	35°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 17° ke kiri
4	50°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
5	110°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
6	140°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
7	180°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
8	215°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
9	250°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
10	290°	14°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri
Rata-rata error						3,2°



Gambar 4.10. Pengujian di titik awal



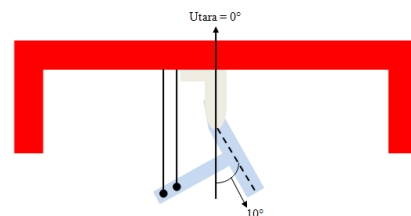
Gambar 4.11. sketsa rudder kapal ketika lurus



Gambar 4.12. rudder kapal ketika lurus

Tabel 4.9. hasil percobaan menuju titik A

Jarak tempuh	Arah kapal	Arah tujuan	Keterangan
0 meter	0°	14°	Sudut kemudi 10° ke kanan
8 meter	14°	14°	Sudut kemudi 2° ke kiri
16 meter	14°	14°	Sudut kemudi 3° ke kanan
24 meter	14°	14°	Sudut kemudi 3° ke kanan
32 meter	14°	14°	Sudut kemudi 3° ke kanan
40 meter	14°	14°	Sudut kemudi 4° ke kiri
48 meter	14°	14°	Sudut kemudi 5° ke kiri
56 meter	14°	14°	Sudut kemudi 4° ke kiri
64 meter	14°	14°	Sudut kemudi 5° ke kanan
72 meter	14°	14°	Sudut kemudi 50° ke kanan
Rata-rata error			3,6°



Gambar 4.13. sketsa rudder kapal 10° ke kanan



Gambar 4.14. rudder kapal 10° ke kanan

Tabel 4.10. hasil percobaan di titik A

No	Arah kapal	Arah tujuan	Nilai Kp	Nilai Ki	Nilai Kd	Keterangan
1	14°	282°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kanan



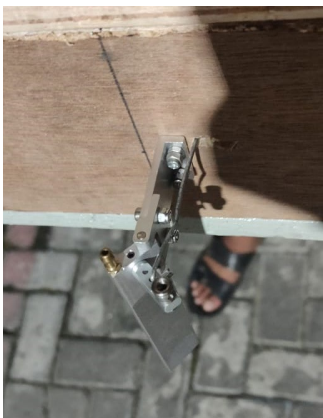
Gambar 4.15. rudder kapal 50° ke kanan

Tabel 4.11. hasil percobaan menuju titik B

Jarak tempuh	Arah kapal	Arah tujuan	Keterangan		
0 meter	14°	282°	Sudut kemudi 50° ke kanan		
2 meter	282°	282°	Sudut kemudi 4° ke kiri		
4 meter	282°	282°	Sudut kemudi 5° ke kiri		
6 meter	282°	282°	Sudut kemudi 3° ke kiri		
8 meter	282°	282°	Sudut kemudi 6° ke kanan		
10 meter	282°	282°	Kemudi bergerak 50° ke kiri		
12 meter	282°	282°	Kemudi bergerak 50° ke kiri		
14 meter	282°	282°	Kemudi bergerak 50° ke kiri		
16 meter	282°	282°	Kemudi bergerak 50° ke kiri		
18 meter	282°	282°	Kemudi bergerak 50° ke kiri		
Rata-rata error			4,5°		

Tabel 4.12. hasil percobaan di titik B

No	Arah kapal	Arah tujuan	Nilai Kp	Nilai Ki	Nilai Kd	Keterangan
1	282°	194°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri



Gambar 4.16. rudder kapal 50° ke kiri

Tabel 4.13. hasil percobaan menuju titik C

Jarak tempuh	Arah kapal	Arah tujuan	Keterangan	
0 meter	282°	194°	Kemudi bergerak 50° ke kiri	
8 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 4° ke kanan	
16 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 6° ke kanan	
24 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 4° ke kanan	
32 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 5° ke kiri	
40 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 5° ke kanan	
48 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 2° ke kiri	
56 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 6° ke kiri	
64 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 4° ke kiri	
72 meter	194°	194°	Kemudi bergerak 50° ke kiri	
Rata-rata error			4,5°	

Tabel 4.14. hasil percobaan di titik C

No	Arah kapal	Arah tujuan	Nilai Kp	Nilai Ki	Nilai Kd	Keterangan
1	194°	96°	8	5	3,5	Kemudi bergerak 50° ke kiri

Tabel 4.15. hasil percobaan menuju titik awal

Jarak tempuh	Arah kapal	Arah tujuan	Keterangan	
0 meter	194°	96°	Kemudi bergerak 50° ke kiri	
2 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 3° ke kiri	
4 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 5° ke kiri	
6 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 4° ke kanan	
8 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 3° ke kiri	
10 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 4° ke kanan	
12 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 6° ke kanan	
14 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 2° ke kanan	
16 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 4° ke kiri	
18 meter	96°	96°	Kemudi bergerak 6° ke kiri	
Rata-rata error			4,1°	

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari semua tahapan yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan setelah melalui proses perancangan, perakitan, pengujian dan analisis data, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem waypoint pada kapal menggunakan 4 titik koordinat yang terdiri dari titik awal, titik A, titik B, dan titik C. Kapal akan menuju 3 titik yang telah ditentukan dan akan kembali ke titik awal. Pada sistem waypoint kapal menggunakan modul GPS Ublox Neo-6m dan dibantu oleh sensor kompas HMC5883L.
2. Penerapan metode PID digunakan untuk mengontrol kemudi kapal agar dapat menstabilkan arah kapal. Dengan menggunakan cara *trial and error* untuk mencari nilai konstanta PID, maka ditemukan nilai konstanta dengan error terkecil yaitu $K_p=8$, $K_i=5$, $K_d=3,5$.
3. Dari pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan pada sistem *waypoint* yang dimiliki untuk mencapai titik tujuan mencapai $\pm 90\%$.

5.2 Saran

Dari pengalaman yang dialami selama pengerjaan penelitian ini, maka terdapat saran yang perlu dilakukan guna pengembangan dan penyempurnaan

penelitian selanjutnya yaitu diharapkan kedepannya penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan perangkat hardware yang lebih kokok dan lebih bagus lagi sehingga data yang dihasilkan lebih baik tanpa terganggu faktor-faktor yang lainnya dan mendapat error lebih kecil lagi pada kontrol PIDnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Muhammad. 2004. Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab. *Jurnal Edukasi@Elektro*. Vol. 1. 1-8.
- Bangun Tri, N. C. 2017. Stabilitas Kapal Ikan Katamaran Sebagai Pengganti Kapal Purse Seine di Kabupaten Pamekasan Madura Jawa Timur. *ALBACORE*. Vol. 1. 13-21.
- Febrianto, Totok, Syamsul. 2015. Pemetaan Batimetri di Perairan Dangkal Pulau Tunda, Serang, Banten Menggunakan Singlebeam Echosounder. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. Vol. 6. 139-147.
- Ferriska Okta. 2017. Survei Batimetri di Perairan Dangkal Dengan Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle). Departemen Teknik Geomatika.
- Hilal Ahmad & Saiful Manan. 2013. Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak CCTV Untuk Melihat Alat-Alat Monitor dan Kondisi Pasien di Ruang ICU. *Gema Teknologi*. Vol. 17. 2.
- Masrukhin Muhammad, Denny Nugroho, Alfi Satriadi. 2014. Studi Batimetri Morfologi Dasar Laut Dalam Penentuan Jalur Peletakan Pipa Bawah Laut. *Jurnal Oseanografi*. Vol. 3. 94-104.
- Nugroho Seno, Dr. Ing. Fiky Y.s, S.T., M.T., & Ramdhan Nugraha, Spd, M.T. 2016. Sistem Navigasi Gerak RoboBot Berdasarkan GPS Menggunakan Metode Waypoint. *E-Processing of Engineering*. Vol. 3.
- Prabowo Achmad F.R., Hartono Yudo, Muhammad Iqbal. 2016. Analisa Kekuatan Poros Kemudi Penampung Ikan Tradisional 200 GT Kabupaten Batang Dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*. Vol. 4.
- Putra Rizki. A., & Drs. Agus Tri S., MT. 2016. Perancangan dan Pembuatan Magnetometer Digital dengan Sensor Magnet HMC5883L Berbasis Web. *STMKG*.
- Rohman Alfas. Z, & Djuniadi. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Menggunakan Sensor Micro Electro Mechanical System (MEMS) Akselerometer. *Edu Elekrika Jurnal*. 4.
- Saputra Fadlila. R, & Muhammad Rivai. 2018. Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint. *JURNAL TEKNIK ITS*. Vol. 7.

- Satria Mahesa.G. A., Indra. J., & Yopy. N. 2016. Integrasi Rancangan Sistem Obesravis Kapal Permukaan Otomatis dengan Google Earth. *Depaetemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPTIK IPB Kampus IPB Dramaga Bogor*. Vol. 8.
- Setiawan Budhy. Naufal. N, Indrazno. S, 2018. Kontrol Kecepatan Laju Model Kapal Katamaran. *Jurnal ELTEK*. Vol 16.
- Taufik Ahmad Sukhan. 2016. Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot. *Jurusan Teknik Elektro*