

PERANCANGAN SISTEM KENDALI POSISI WAHANA AIR TANPA AWAK MENGUNAKAN METODE PID

DESIGN OF POSITIONING CONTROL SYSTEM IN UNMANNED SURFACE VEHICLE BY USING PID METHOD

Rezky Andrianto¹, Ramdhan Nugraha, S.Pd., MT², Agung Surya Wibowo, ST., MT³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹Andrianto.rezky@gmail.com, ²Ramdhan@telkomuniversity.ac.id, ³Agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem kendali navigasi dari kapal harus mempunyai spesifikasi untuk menstabilkan dinamika gerak dan posisi kapal. Sistem kendali ini berguna untuk mengatur gerak dan posisi kapal berdasarkan koordinat GPS (*Global Positioning System*) yang telah ditentukan. Tugas akhir ini membahas kendali posisi kapal berdasarkan koordinat *longitude* dan *latitude* kapal. Sistem kendali dengan menggunakan metode PID akan mengurangi *error* nilai koordinat sistem dengan *set point*.

Keseluruhan sistem akan diimplementasikan pada protipe USV (*Unmanned Surface Vehicle*). USV ini akan bergerak menuju koordinat yang ditentukan dan mempertahankan posisinya bila terjadi gangguan dari sekitar USV. Sensor GPS Neo6M-v2 dan kompas HMC5388L akan terus memberikan nilai koordinat aktual kapal untuk di proses.

Saat dikendalikan USV ini akan bergerak dengan kecepatan 3,8m/min . Dari hasil percobaan skenario koordinat kemudian ditetapkan satu hasil data paling tepat yaitu pada percobaan dengan nilai *error* pada derajat kompas sebesar 2,15°, dan deviasi gps sekitar 1,69 meter.

Kata Kunci : *GPS, Longitude, Latitude, PID, USV*

Abstract

The navigation control system of the ship shall have specifications to stabilize the dynamics of motion and position of the ship. This control system is useful for managing motion and ship position based on GPS coordinates (*Global Positioning System*) that has been determined. This final project discusses the control of ship position based on the coordinates of longitude and latitude of the ship. Control system using PID method will reduce the error of coordinate system value with set point.

The entire system will be implemented on the USV (*Unmanned Surface Vehicle*) prototype. This USV will move towards the specified coordinates and retain its position when there is disturbance from around USV. The Neo6M-v2 GPS sensors and the HMC5388L compass will continue to provide the actual coordinate values of the ship for the process.

When controlled USV it will move at a speed of 3,8m/min. From result of experiment of coordinate scenario then determined one result of most exact data that is on experiment with error value at degree of compass equal to 2,15°, and gps deviation about 1,69 meter.

Keywords: *GPS, Longitude, Latitude, PID, USV*

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang pelayaran, mendorong dikembangkannya sistem navigasi yang bertujuan untuk mengakomodasi dinamika gerak kapal. Dinamika gerak kapal tersebut perlu didukung dengan sistem kendali yang mampu menstabilkan gerak kapal . Saat ini perkembangan sistem kendali yang kompleks mulai diterapkan contohnya sistem kendali dengan navigasi yang dibantu dengan sistem *Dynamic Position*. Sistem tersebut bekerja untuk mempertahankan posisi sebuah kapal, termasuk didalamnya titik koordinat dan orientasi arah yang secara otomatis bertahan.

Penelitian ini mengenai sistem navigasi dan kendali posisi yang diimplementasikan pada kapal tanpa awak atau USV (*Unmanned Surface Vehicle*). Usv dikendalikan secara *wireless* [1]. Hal ini membutuhkan perangkat navigasi seperti GPS (*Global Positioning System*) dan *compass* yang berguna untuk memantau gerak dan posisi dari usv. Pada tugas akhir ini dikembangkan sistem kendali posisi menggunakan metode PID. Kendali posisi PID ini akan mengatur posisi *longitude* dan *latitude* kapal dan memperkecil error yang terjadi. Hasil yang

diperoleh adalah *prototype* USV dengan sistem navigasi menggunakan GPS dengan teknik *waypoint*. *Waypoint* memungkinkan kita untuk menentukan titik koordinat lintasan yang akan dilalui oleh USV tersebut [2] .

2. Dasar Teori

2.1. Dynamic Position Kapal

Dynamic position merupakan teknologi yang mengatur posisi dinamik dari sebuah kapal, yaitu dengan menjaga posisi yang tepat atau dengan menentukan arah awal dari lintasannya. Teknologi ini mengatur bagian pendorong atau *thruster*. Tujuannya untuk mendapatkan kestabilan posisi dan efisiensi energi. Untuk transportasi laut penggunaan teknologi ini untuk menentukan posisi yang tepat saat berlabuh dan fleksibilitas untuk meninggalkan pelabuhan dengan cepat tanpa memerlukan garis bantuan berlabuh [4].

Implementasi sistem *dynamic position* pada mesin pendorong sebagai aktuator, memiliki berbagai jenis pengaturan untuk menyesuaikan kebutuhan kestabilan. Sistem ini meninjau derajat dari arah haluan dari kendaraan air tersebut.

2.2. Navigasi Waypoint

Merupakan titik acuan atau kumpulan koordinat yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah titik di peta. Koordinat-koordinat itu biasanya menyertakan longitude, latitude, dan kadang altitude. di permukaan bumi biasanya didefinisikan dalam dua dimensi (misalnya bujur dan lintang).

Istilah dalam *Waypoint* antara lain *Basing point* adalah posisi data GPS yang berdasarkan data yang diberikan oleh pengguna sesuai jalur untuk menghubungkan 2 *waypoint* dan digunakan untuk mengurangi objek yang dikendalikan keluar dari jalur. *Initial distance* atau jarak awal merupakan jarak dari posisi awal benda ke arah *waypoint* pertama yang aktif, jarak awal tidak mungkin berubah selama sistem navigasi berlangsung hingga mencapai *waypoint* tercapai dan *waypoint* yang berikutnya diaktifkan

2.3. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

Bagian dari sistem navigasi radio yang berbasis ruang,yang dikelompokan menjadi segmen luar angkasa, segmen kendali, dan segmen pengguna. Sistem Gps mampu membaca sumbu x, y, z yang apabila diterapkan dalam prinsip geografi yaitu *longitude* (garis bujur), *latitude* (garis lintang), dan *altitude* (ketinggian dari permukaan bumi) [8]. Dengan melakukan konversi nilai koordinat menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$X = (N + h) \cos \phi \cos \lambda \dots\dots\dots(1)$$

$$Y = (N + h) \cos \phi \sin \lambda \dots\dots\dots(2)$$

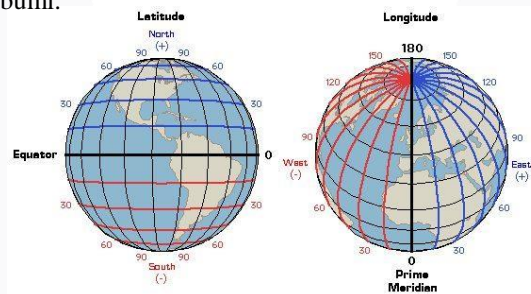
$$Z = [N(1 - e^2) + h] \sin \phi \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

ϕ, λ, h : *latitude, longitude*, dan ketinggian diatas permukaan bumi

X, Y, Z : Koordinat kartersian untuk bumi

N : Radius kelengkungan bumi.



Gambar II-1. Latitude dan Longitude bumi

Pada tugas akhir ini menggunakan module GPS NEO-6M sebagai perangkat navigasinya. Merupakan gps receiver yang berdiri sendiri dengan mesin penentu arah u-blox 6. Memiliki 50 kanal yang menawarkan teknologi *Time-To-First-Fix (TTFF)* di bawah 1 detik. GPS NEO-6M menggunakan protokol NMEA (The National Marine Electronics Association).

2.4. Kendali PID

Merupakan algoritma kendali untuk mencapai kestabilan. Pengendali ini memiliki karakteristik umpan balik pada sistemnya. Metode ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, baik sebagai pengendali tunggal atau sistem kendali yang memiliki hirarki [7]. Pengendali PID adalah suatu sistem pengendali yang merupakan

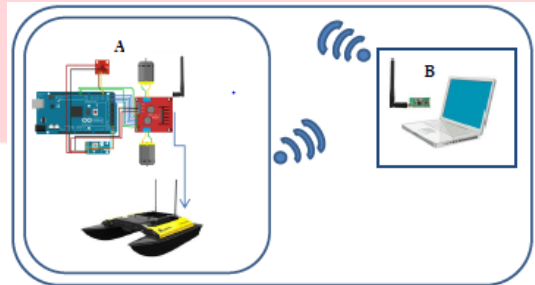
gabungan antara pengendali proporsional, integral, dan turunan (derivative). Secara keseluruhan dinyatakan dalam persamaan :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt} \dots\dots\dots(4)$$

3. Perancangan Sistem

3.1. Perancangan Sistem Umum

Dalam tugas akhir ini penulis merancang sebuah sistem kendali posisi pada sebuah kapal secara otomatis. Dengan pengendalian *wireless* menggunakan radio telemetry 433MHz yang dihubungkan dengan *personal computer* (PC).



Gambar III-1. Desain umum sistem

Keterangan Gambar III-1 :

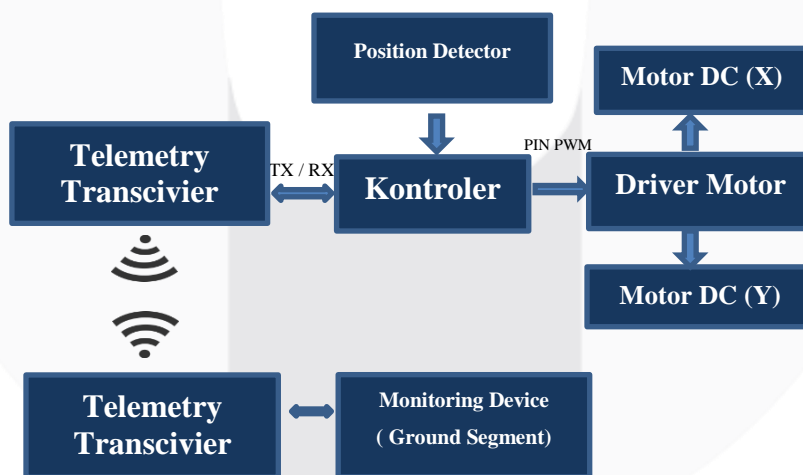
Blok A : Subsistem yang berfungsi sebagai *plant segment* yang terdiri dari Arduino, Modul Sensor GPS dan *compass*, dan Modul Transcivier

Blok B : Subsistem yang berfungsi sebagai *ground segment* yang terdiri dari PC dan Modul Transcivier

Langkah kerja dari keseluruhan sistem yaitu operator memberikan input koordinat ke sistem. Kemudian sistem akan membuat hardware menuju setpoint yang ditentukan dan selalu memberi feedback kepada operator.

3.2. Diagram Blok Umum

Sistem secara keseluruhan dinyatakan oleh digram blok pada gambar 3.2. Hardware sistem akan bekerja secara autonomous atau bergerak sendiri hanya dengan satu input diawal. Input akan terus menjadi pembanding agar sistem mencapai kestabilan. Diagram blok umum terdapat pada halaman berikutnya



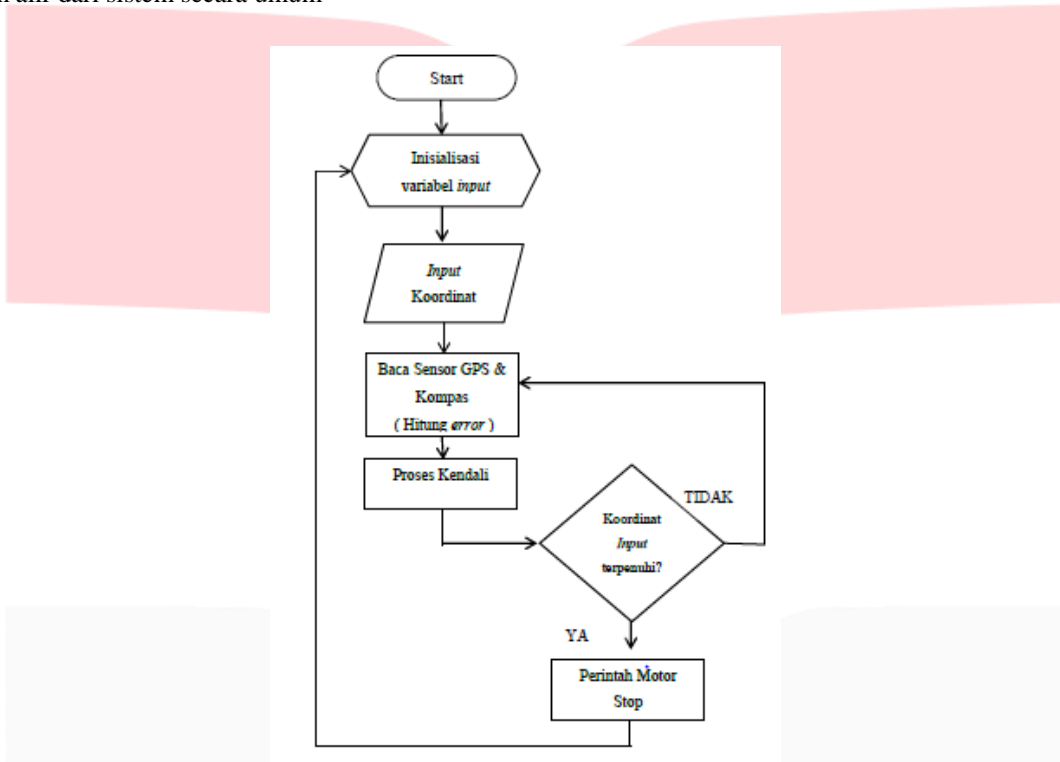
Gambar III - 2 Diagram blok umum

Saat sistem dijalankan, GPS akan membaca *current position* atau posisi awal kapal berada dan akan ditransmisikan ke PC sebagai *ground segment* menggunakan telemetry transceiver. Kemudian koordinat masukan dibandingkan dengan koordinat pembacaan GPS. *Output* dari perbandingan nilai tersebut akan di transmisikan kembali ke *plant* yaitu kapal menggunakan telemetry transceiver.

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

3.3.1. Diagram Alir Perangkat Lunak

Untuk perancangan perangkat lunak penulis menggunakan Arduino IDE sebagai aplikasi programming untuk mengatur algoritma yang telah ditentukan, ke dalam bahasa C di Arduino. Gambar III-3 merupakan digram alir dari sistem secara umum



Gambar III-3. Diagram alir perangkat Lunak

3.4. Penghitungan Nilai Pembacaan dan Konversi Sudut

Parameter yang digunakan adalah nilai *longitude*, *latitude*, dan nilai orientasi kompas. Untuk nilai jarak didapatkan dengan persamaan “*haversine*” formula untuk menghitung jarak terpendek antara dua titik di permukaan bumi [11].

a. Formula haversine dinyatakan dalam :

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \dots\dots\dots(5)$$

$$d = R \cdot c$$

Keterangan : ϕ adalah *latitude*, λ adalah *longitude*, R adalah radius bumi (mean radius = 6,371km). Sudut harus dalam bentuk radians.

b. Proyeksi jarak USV dengan setpoint terhadap kartesian axis-X

$$d_x = d \cdot \sin (\phi_t - \phi_r) \dots\dots\dots(6)$$

c. Penghitungan nilai PID untuk kartesian axis-X

$$P_x = K_p \cdot d_x \dots\dots\dots(7)$$

$$I_x = I_x + K_i \cdot d_x \dots\dots\dots(8)$$

$$D_x = K_d \cdot (d_x - d_{xs}) \dots\dots\dots(9)$$

$$PID \text{ axis - X} = P_x + I_x + D_x \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- d_x : Proyeksi Kartesian -X
- d_{xs} : Proyeksi Kartesian – X sebelumnya
- ϕ_t : Sudut *Setpoint*
- ϕ_r : Sudut aktual kapal
- P_x : Nilai Proportional axis - X
- I_x : Nilai Integratif axis - X
- D_x : Nilai Derivatif axis - X

- d. Proyeksi jarak USV dengan setpoint terhadap kartesian axis -Y
- $d_y = d \cdot \cos(\phi_t - \phi_r) \dots\dots\dots(11)$
- e. Penghitungan nilai PID untuk kartesian axis-Y
- $P_y = K_p \cdot d_y \dots\dots\dots(12)$
- $I_y = I_y + K_i \cdot d_y \dots\dots\dots(13)$
- $D_y = K_d \cdot (d_y - d_{ys}) \dots\dots\dots(14)$
- $PID \text{ axis -Y} = P_y + I_y + D_y \dots\dots\dots(15)$

Keterangan :

- d_y : Proyeksi Kartesian-Y
- d_{ys} : Proyeksi Kartesian-Y sebelumnya
- ϕ_t : Sudut *Setpoint*
- ϕ_r : Sudut aktual kapal
- Ki: Konstanta Integral
- P_y : Nilai Proportional axis – Y
- I_y : Nilai Integratif axis - Y
- D_y : Nilai Derivatif axis – Y
- K_p : Konstanta Proportional
- K_d : Konstanta Derivatif

Dari Hasil nilai PID tersebut akan mendapatkan sebuah nilai kendali yang kemudian nilai tersebut menjadi output PWM yang dikehendaki. Untuk axis PID axis-X = PWM axis-X, sedangkan PID axis-Y = PWM axis-Y.

3.5. Pengukuran Proyeksi Sudut ke Kartesian

Pengukuran ini dibuat untuk mendapatkan nilai kendali dari proyeksi sudut USV. Dengan contoh studi kasus *setpoint* berada pada sudut $\theta = 150^\circ$ dari USV. Kemudian untuk mendapatkan nilai kendali kita perlu memproyeksikan sudut tersebut terhadap kartesian axis X dan Y. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut dengan konstanta “r” sebagai jarak

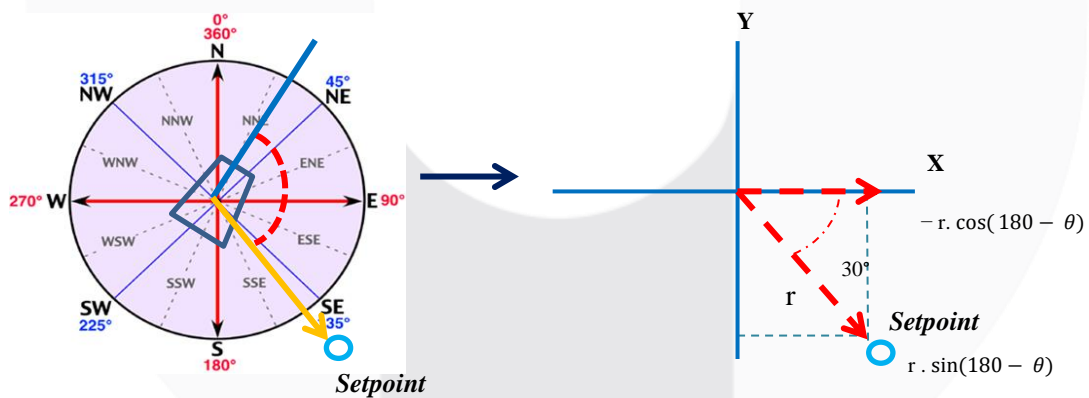
$$dx = r \cdot \sin(180 - \theta)$$

$$= r \cdot \sin 30$$

$$dy = -r \cdot \cos(180 - \theta)$$

$$= -r \cos 30$$

Dari persamaan di halaman sebelumnya dapat direpresentasikan pada gambar III-4



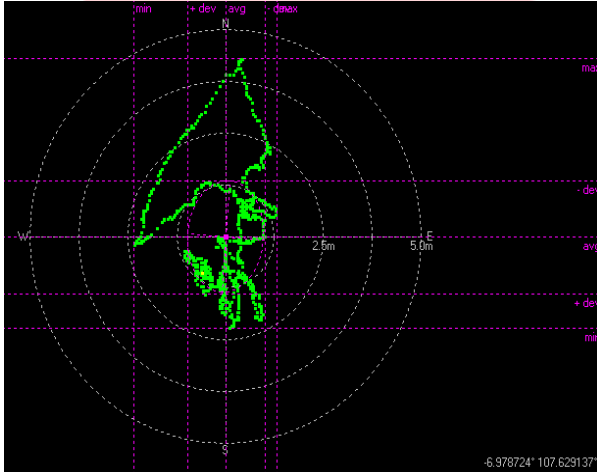
Gambar III-4 Proyeksi Sudut Kapal

Setelah mendapatkan nilai proyeksi kartesian untuk masing-masing axis, selanjutnya nilai proyeksi tersebut akan dikalikan dengan konstanta kendali (proportional, integral, derivatif) yang sudah ditentukan. Kemudian *output* dari nilai yang telah dikalikan tersebut akan menghasilkan nilai PWM untuk mengatur putaran motor axis-X dan axis-Y secara simultan.

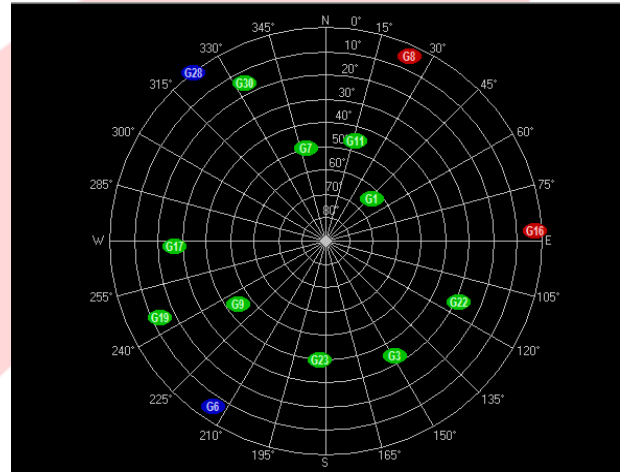
4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian GPS NEO – 6M

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai deviasi antara pembacaan sensor dan koordinat aktual gps. Pengujian menggunakan bantuan aplikasi U-center untuk mendapatkan nilai error dari pembacaan sensor. Hasil dari pengujian di tunjukan oleh gambar IV-1 dan IV-2



Gambar IV-1. Deviation map

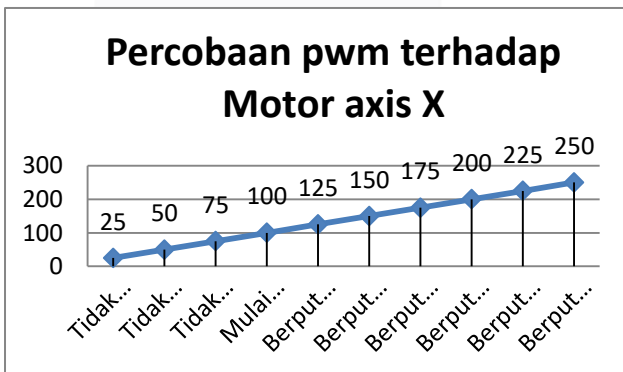


Gambar IV-2. Skyview U-center

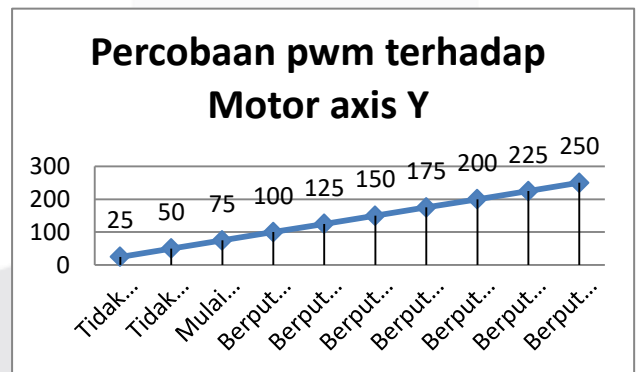
Dari Skyview didapatkan satelit yang aktif memberikan feedback berjumlah 10 buah dan menghasilkan deviation map pada point rata-rata diantara 2- 2,5 meter. faktor yang mempengaruhi pembacaan sensor GPS diantaranya adalah keadaan satelit yang memberikan *feedback*, kondisi cuaca, letak atau tempat sensor.

4.2. Pengujian Gerak Motor Dc terhadap Pwm

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon motor yang berada didalam air terhadap keluaran pwm yang dihasilkan sistem. Pengujian dilakukan dengan menambakan pwm sebesar 25 sampai motor memberikan respon. Gambar IV-3 menunjukan respon untuk motor axis X dan Gambar IV-4 menunjukan respon untuk motor axis Y



Gambar IV-3. Respon Motor axis-X



Gambar IV-4. Respon Motor Axis-Y

Dari pengujian tersebut kita akan mendapatkan konstanta kendali secara keseluruhan untuk Axis X dengan perumusan

$$PID_kanan_total = P_axisX + I_axisX + D_axisX + 100 \dots \dots \dots (16)$$

$$PID_kiri_total = P_axisX + I_axisX + D_axisX - 100 \dots \dots \dots (17)$$

Dan untuk axis Y dirumuskan sebagai berikut

$$PID_maju_total = P_axisY + I_axisY + D_axisY + 75 \dots \dots \dots (18)$$

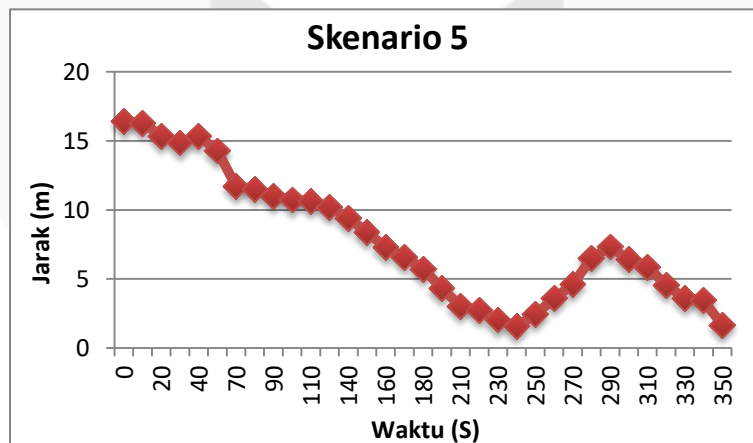
$$PID_mundur_total = P_axisY + I_axisY + D_axisY - 75 \dots \dots \dots (19)$$

4.3. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian bertujuan untuk mengetahui respon sistem terhadap perancangan kendali yang telah dibuat. Dari beberapa skenario setpoint. Menggunakan nilai $K_p = 20$, $K_d = 40$, $K_i = 0.2$. Didapatkan error jarak terendah sebesar 1,69 meter dan error pembacaan kompas sebesar $2,13^\circ$. Dengan pengujian data menurut tabel IV-1

Tabel IV-1. Skenario Setpoint 5

No	Position	Jarak (m)	Waktu (S)
	(Lat : -6.973163 Lon : 107.631702)		
1	Position: lat: -6.973273 lon: 107.631599	16.4	0
2	Position: lat: -6.973272 lon: 107.631599	16.32	10
3	Position: lat: -6.973268 lon: 107.631607	15.37	20
4	Position: lat: -6.973267 lon: 107.631614	14.87	30
5	Position: lat: -6.973267 lon: 107.631607	15.34	40
6	Position: lat: -6.973266 lon: 107.631622	14.29	60
7	Position: lat: -6.973249 lon: 107.631637	11.72	70
8	Position: lat: -6.973248 lon: 107.631637	11.53	80
9	Position: lat: -6.973247 lon: 107.631645	10.98	90
10	Position: lat: -6.973244 lon: 107.631645	10.74	100
11	Position: lat: -6.973243 lon: 107.631645	10.66	110
12	Position: lat: -6.973238 lon: 107.631645	10.19	120
13	Position: lat: -6.973229 lon: 107.631645	9.43	140
14	Position: lat: -6.973223 lon: 107.631652	8.39	150
15	Position: lat: -6.973216 lon: 107.631660	7.28	160
16	Position: lat: -6.973208 lon: 107.631660	6.6	170
17	Position: lat: -6.973198 lon: 107.631660	5.74	180
18	Position: lat: -6.973187 lon: 107.631668	4.32	200
19	Position: lat: -6.973179 lon: 107.631675	3.05	210
20	Position: lat: -6.973174 lon: 107.631675	2.75	220
21	Position: lat: -6.973175 lon: 107.631683	2.06	230
22	Position: lat: -6.973176 lon: 107.631690	1.57	240
23	Position: lat: -6.973180 lon: 107.631683	2.43	250
24	Position: lat: -6.973186 lon: 107.631675	3.57	260
25	Position: lat: -6.973191 lon: 107.631668	4.6	270
26	Position: lat: -6.973200 lon: 107.631652	6.47	280
27	Position: lat: -6.973203 lon: 107.631645	7.34	290
28	Position: lat: -6.973199 lon: 107.631652	6.41	300
29	Position: lat: -6.973190 lon: 107.631652	5.87	310
30	Position: lat: -6.973179 lon: 107.631660	4.55	320
31	Position: lat: -6.973175 lon: 107.631668	3.6	330
32	Position: lat: -6.973169 lon: 107.631668	3.45	340
33	Position: lat: -6.973165 lon: 107.631683	1.69	350



Gambar IV-5. Grafik Perubahan Jarak

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi serta pengujian dari perancangan sistem kendali wahana air tanpa awak dengan metode PID, dapat disimpulkan antara lain :

1. Prototype usv yang dikendalikan oleh Arduino mampu bekerja dengan baik dengan sistem kendali PID, Sistem kendali PID mengurangi deviasi pada dinamika gerak usv yang telah kita tentukan setpointnya. Error yang terjadi akibat pembacaan sensor GPS yang tidak akurat karena pengaruh feedback satelite.
2. Berdasarkan hasil pengujian akurasi GPS Neo-6M menggunakan aplikasi U-blox center, nilai error maksimum dari percobaan sensor selama 10 menit aktif, hasilnya menunjukkan keakuratan GPS Neo-6M berada di jarak sekitar 2,5 meter. Artinya error yang terjadi masih dapat ditoleransi sistem sehingga keakuratan gps sekitar 97,5 %.
3. Hasil dari pengujian sensor magnetometer HMC5388L dengan delta error $2,13^\circ$ tidak menyebabkan disorientasi arah kapal. Error yang terjadi masih dalam toleransi sistem. Faktor error yang terjadi karena objek berbahan logam disekitar sensor dan dibutuhkannya kalibrasi disetiap tempat yang berbeda lingkungan.
4. Error sistem yang telah terintegrasi dengan kendali PID, dengan setpoint yaitu berbeda sejauh 1,69 meter.

5.2. Saran

Dalam upaya pengembangan dari penelitian dan perancangan sistem kendali posisi ini. Ada beberapa saran yang mungkin bisa dipertimbangkan untuk memperbaiki sistem, diantaranya :

1. Di sarankan menggunakan module GPS seri terbaru karena berpengaruh pada keluaran dari pembacaan module tersebut. Karena sistem ini sangat membutuhkan kepresisian dan keakuratan.
2. Penggunaan motor penggerak dengan putaran dan torsi yang lebih besar, untuk mempercepat waktu capaian sistem
3. Menggunakan algoritma kerja yang lebih runtut untuk menghindari terjadinya *error* berlebih pada sistem.

Daftar Pustaka

- [1] S. B, H. A. Santoso and T. B. Musriyadi, "Perencanaan Unmanned Surface Vehicle Tipe Serbu Cepat," *JURNAL TEKNIK ITS No. 1 ISSN: 2301-9271*, vol. 1, 2012.
- [2] S. Nugroho, "Sistem Navigasi Gerak RoboBoat Berdasarkan GPS," *Tugas Akhir UNIVERSITAS TELKOM*, 2015.
- [3] N. M. R. C. Perbani and D. Suwardhi, "Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi," *ITENAS REKAYASA*, 2014.
- [4] T. Samad and A. Annaswamy, *The Impact of Control Technology*, IEEE Control Systems Society, 2011.
- [5] D. o. t. A. U.S. Army, in *Map Reading and Land Navigation*, Washington, D.C, 1956, p. 63.
- [6] E. Susanto, "Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Telkom Bandung," *KONTROL PROPORSIONAL INTEGRAL DERIVATIF (PID) UNTUK MOTOR DC*, 2011.
- [7] K. Ogata, *Modern Control Engineering Fifth Edition*, New Jersey: Pearson Education, Inc, 2010.
- [8] K. J. Astrom, *PID Controllers*, New York: Instrument Society Of America, 1945.
- [9] P.H.Dana, "http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html," Department of Geography, University of Texas at Austin, 1994. [Online]. [Accessed Oktober 2016].
- [10] M. J. Caruso, "www.jameco.com," Honeywell Inc., October 2010. [Online]. Available: <http://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2150248.pdf>. [Accessed 30 April 2017].
- [11] "www.movable-type.co.uk," [Online]. Available: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.htm>. [Accessed 16 May 2017].