

IMPLEMENTASI *HEADING HOLD* DAN *INVERS KINEMATICS* PADA *RoV* MENGGUNAKAN METODE *PID*

Muhtar Fariqi¹, Mohammad Basuki Rahmat², Zindhu Maulana Ahmad P.³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : mfariqi@student.ppns.ac.id

Abstrak

Remotely operated underwater vehicle (RoV) merupakan robot bawah air yang biasanya digunakan untuk melakukan investigasi di bawah air dan juga digunakan untuk mengecek kerusakan pada lambung kapal. Kerusakan pada lambung kapal biasanya disebabkan oleh tabrakan antar kapal dan bisa juga mengalami deformasi. *RoV* dapat melakukan pergerakan secara *horizontal* dengan menggunakan sumbu yaw sesuai *set-point* yang diberikan oleh pengguna sehingga dapat mengatur arah hadap *RoV*. Dalam menentukan arah hadap dari *RoV*, dipasang sensor GY-955 untuk menentukan *heading* dari *RoV* sehingga diketahui *error heading* saat melakukan manuver. Permasalahan yang sering dihadapi terkait pemanfaatan *RoV* adalah gangguan dinamis. Oleh sebab itu, diperlukan penggunaan metode *PID* untuk mengatur kecepatan PWM tiap motor sehingga motor *RoV* dapat melakukan kestabilan saat melakukan pergerakan. Dalam mencari kecepatan tiap motor, digunakan persamaan *invers kinematic* dengan menggunakan sistem penggerak *four wheel omnidirectional* untuk mengatur *heading set-point* pada *RoV*, dan juga untuk menentukan *set-point* sehingga robot bergerak sesuai keinginan pengguna. Dari hasil pengujian didapatkan hasil *error* rata-rata 0,5382%. Pada *PID* mendapatkan hasil nilai K_p 1,2, K_i 0,0445 dan K_d 0,011125.

Kata Kunci : *Invers kinematic*, *Omnidirectional*, *RoV* dan *PID*.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai wilayah perairan yang sangat luas dibanding luas daratannya. Dalam pengeksploaran wilayah perairan Indonesia belum bisa dilakukan secara maksimal. Rata-rata eksplorasi yang dilakukan hanya sebatas pada permukaan air, sedangkan untuk eksplorasi pada bawah air masih sangat jarang dilakukan. Eksplorasi yang dilakukan masih menggunakan cara konvensional yaitu penyelam terjun ke dalam air untuk melakukan survey dan eksplorasi. Kendala yang dijumpai penyelam adalah susahnyanya medan cara pembuatan alat penyelaman sehingga tidak bisa melakukan eksplorasi secara maksimal. Pada kedalaman tertentu, tekanan air sangat membahayakan penyelam dan terlebih lagi jika ada serangan biota air yang tidak bisa diperkirakan pun akan menjadi kendala yang besar bagi penyelam.

Pemanfaatan robotika sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Robot telah diciptakan oleh para ilmuwan yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan manusia. Robot tanpa awak yang biasa digunakan untuk eksplorasi di bawah permukaan air yaitu *Remotely Operated*

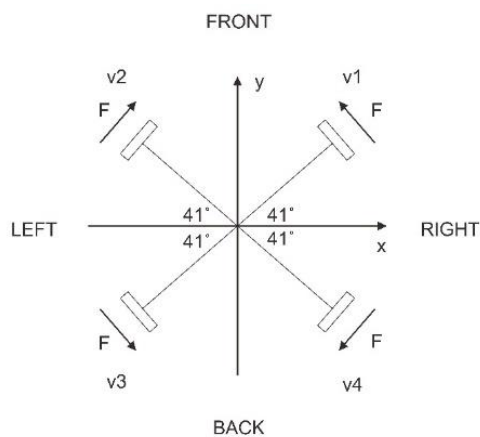
Vehicles (ROV) dan *Automation Unmanned Vehicle (AUV)* [1]. Pada negara maju, *ROV* sudah dimanfaatkan dalam eksplorasi bawah perairan dan dinilai lebih optimal dibanding dengan cara konvensional. Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian terhadap pergerakan *ROV*. Diharapkan *ROV* ini dapat melakukan manuver secara leluasa dan bisa mempertahankan posisi *RoV* dengan tetap stabil ketika berada dibawah permukaan air sehingga *ROV* bisa menjadi solusi yang mudah dalam melakukan pengecekan lambung kapal yang berada dibawah perairan.

2. METODE

2.1 *Omni four wheel RoV*

Sistem penggerak *RoV* berasal dari kecanggihan robot omni-wheel yang bergerak secara *omni-directional* gerakan [2]. Keempat *propeller* yang atas melakukan pergerakan secara *horizontal*. Sedangkan untuk keempat *propeller* yang bawah digunakan untuk melakukan pergerakan secara vertikal. Keempat *propeller* yang atas dipasang di setiap sudut dan saling bersilangan pada sudut 45° dan 135°. Pergerakan *RoV* didesain dengan memiliki gerakan seperti robot *omni-wheel* yang dapat bergerak secara *omnidirectional*

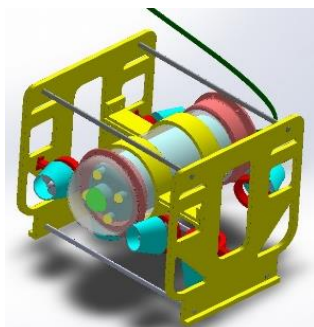
(bergerak pada derajat tertentu). *Maneuverability* menggunakan empat propeller untuk melakukan gerakan transversal dan longitudinal. Dorong baling-baling dan panah putih merupakan arah pergerakan RoV. Pemasangan *propeller* di setiap sudut RoV harus memperhatikan pusat pergerakan RoV. Posisi propeller dipasang pada posisi yang tepat sehingga tidak menimbulkan gaya berlawanan antara dorongan propeller [3]. Kombinasi arah dorong *propeller* ditunjukkan pada **Gambar 1**



Gambar 1. Konsep manuver RoV

2.2 Perancangan Hardware

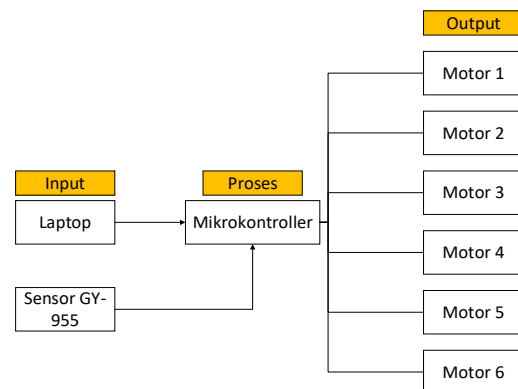
Perancangan *hardware* merupakan gambar produk RoV yang akan dibuat. Desain yang dibuat menggunakan 6 motor, 4 motor untuk melakukan pergerakan secara *horizontal* dan 2 motor lainnya digunakan untuk pergerakan secara *vertical (lifting)*. Dalam pembuatannya RoV harus mampu melayang di dalam air dalam kondisi mati. Maka dari itu, sistem *ballast* harus dihitung secara akurat. Tingkat stabilitas yang baik ditunjukkan dengan pusat gravitasi berada di bawah pusat gaya apung dan jarak antar pusat gravitasi semakin jauh. Pada **Gambar 2** merupakan desain RoV yang sebenarnya



Gambar 2 RoV Tampak keseluruhan

2.3 Digram Blok Sistem

Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem untuk alat yang dibuat. Pada tahap ini, dijelaskan perancangan desain yang dibuat dan pemodelan sistem yang dibutuhkan sebagai dasar pembuatan alat. Pemodelan sistem diperlukan untuk mempermudah dalam pembuatan alat sehingga dapat mengintegrasikan alat dengan sistem yang dibuat kedepannya. Pada tahap ini menjelaskan tentang penggunaan *input*, proses dan *output* dalam RoV. Pada *input* membutuhkan laptop dan sensor GY-955 lalu diolah di mikrokontroler dan selanjutnya akan menggerakkan motor untuk melakukan pergerakan. Diagram blok sistem ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram blok sistem

2.4 Invers kinematic

Invers kinematic merupakan metode yang digunakan untuk mengatur pergerakan RoV agar RoV bisa melakukan manuver didalam air sesuai keinginan pengguna. Dalam implementasi metode ini digunakan untuk mengatur kecepatan tiap motor. Pemasangan motor pada RoV berdasarkan konsep *omni four wheel* RoV. model transformasi kinematik dorong propeller terhadap gaya arah yang diterapkan ditulis sebagai berikut :

$$V_x = -V_1 \cos(\theta_1) - V_2 \cos(\theta_2) - V_3 \cos(\theta_3) + V_4 \cos(\theta_4) \quad (1)$$

$$V_y = -V_1 \sin(\theta_1) - V_2 \sin(\theta_2) + V_3 \sin(\theta_3) + V_4 \sin(\theta_4) \quad (2)$$

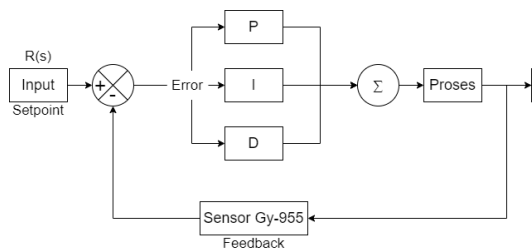
$$V_\theta = \frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \frac{V_3}{R} + \frac{V_4}{R}$$

$$V_{i(1,2,3,4)} = -V_x \sin \theta_i + V_y \cos \theta_i + R \times \omega \quad (3)$$

$$(4)$$

2.5 Perancangan PID

Pada diagram blok PID pada **Gambar 4** menggunakan bentuk *closed loop*. Pada diagram blok tersebut dijelaskan *input* dari PID menggunakan *setpoint* dari pembacaan sumbu *yaw*. Pada *input* tersebut, diberi nilai *setpoint* antara rentang 0° sampai 360°. Jika *input* diberi nilai 0°, maka langsung diolah dengan menggunakan metode PID. Keluaran dari PID mendapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd. Nilai *transfer function* ini digunakan untuk mencari nilai Kp, Ki dan Kd. Sedangkan untuk nilai Kp, Ki dan Kd dimasukan ke dalam program mikrokontroller. Dalam mikrokontroller diproses lalu menghasilkan keluaran nilai PWM. Nilai PWM ini diasukkan ke dalam ESC (*electronic speed control*) yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor (rpm). Jika RoV belum berjalan sesuai *setpoint*, maka sensor GY-955 melakukan *feedback* terhadap pembacaan nilai sumbu *yaw*. Nilai terakhir pembacaan sumbu *yaw* tersebut yang dimasukkan ke dalam *input setpoint*. Proses tersebut diulangi sampai mendapatkan nilai keluaran yang sesuai *setpoint*.

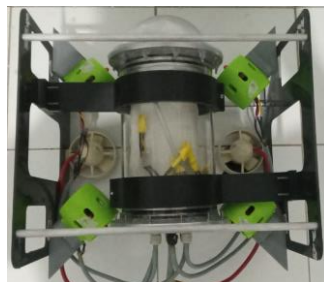


Gambar 4. Diagram blok PID

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Hardware

Pada **Gambar 5** tersebut merupakan hasil perancangan dari desain RoV. Seperti pada gambar tersebut, di bagian kanan dan kiri terdapat rongga yang digunakan untuk proses manuver agar robot tidak terbebani oleh faktor dari luar ketika melakukan pergeseran kanan dan kiri. Bahan yang digunakan adalah menggunakan karbon.



Gambar 5. Hasil perancangan RoV

3.2 Pengujian Arah Hadap Robot

Pengujian arah hadap robot dilakukan dengan memberikan *setpoint* ke arah yang telah ditentukan dengan posisi awal diam dengan sudut 0°. Berdasarkan 10 kali pengujian, didapatkan hasil pengujian dengan rata-rata *error* 0,5382%. Arah hadap didapatkan dengan memutar tuas *joystick* sesuai keinginan pengguna. Sensor membaca nilai sudut sumbu *yaw* sehingga mengarahkan robot sesuai nilai masukan dari *joystick*.

Tabel 1. Nilai pengukuran heading

No	Nilai <i>setpoint</i> (°)	Nilai Pengukuran(°)	Persentase <i>Error</i> (%)
1.	0	0	0
2.	20	18	0,1
3.	40	41	2,5
4.	60	63	0,05
5.	80	79	1,25
6.	100	99	0,01
7.	120	121	0,83
8.	140	140	0
9.	160	161	0,62
10.	180	177	0,01
Rata-rata <i>Error</i>			0,5382

3.3 Pengujian Motor dengan PID

Pergerakan maju dilakukan dengan uji coba di dalam kolam renang dengan diberi masukan $y = 650$. Nilai 650 merupakan nilai yang diberikan untuk kecepatan terhadap sumbu Y sehingga RoV bergerak maju. Sedangkan untuk masukan $y = 750$, maka kecepatan RPM dari 4 motor semakin cepat. Dari masukan yang diberikan semakin besar, maka nilai PWM yang dikeluarkan semakin lebih besar.

Tabel 2. Pengujian motor dengan PID

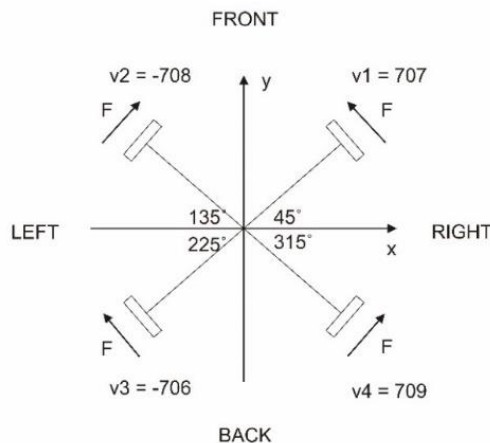
No	Nilai <i>input</i>	M1	M2	M3	M4
1.	512	1131	1108	1185	1146
2.	550	1685	1621	1660	1690
3.	600	2416	2445	2453	2475
4.	650	3146	3111	3190	3182
5.	700	3876	3823	3807	3885
6.	750	4606	4630	4897	4808
7.	800	5336	5379	5387	5322
8.	850	6066	6098	6034	6054
9.	900	6796	6712	6745	6787
10.	950	7526	7560	7023	7090
11.	1000	8256	8221	8249	8276
12.	1023	8592	8511	8530	8568

Dalam menentukan parameter arah gerak RoV dengan menggunakan metode invers kinematika sesuai nilai masukan yang diberikan. Range nilai masukan pada joystick dari 512 sampai 1023. Dari nilai tersebut dilakukan pemetaan dengan nilai range antara 0 sampai 1000 agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Untuk contoh penghitungannya dengan memberi nilai masukan 1023 pada remot, maka akan mendapatkan nilai $V_y = 1000$ mm/s. RoV bergerak maju dengan nilai $V_x = 0$ dan nilai $V_y = 1000$. Penghitungan nilai kecepatan tiap motor sesuai dengan penghitungan *invers kinematic* dibawah ini dengan nilai $V_y = 1000$.

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\theta_1 & \cos\theta_1 & R \\ -\sin\theta_2 & \cos\theta_2 & R \\ -\sin\theta_3 & \cos\theta_3 & R \\ -\sin\theta_4 & \cos\theta_4 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_\theta \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\frac{\pi}{4} & \cos\frac{\pi}{4} & 0 \\ -\sin\frac{3\pi}{4} & \cos\frac{3\pi}{4} & 0 \\ -\sin\frac{5\pi}{4} & \cos\frac{5\pi}{4} & 0 \\ -\sin\frac{7\pi}{4} & \cos\frac{7\pi}{4} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1000 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 707 \\ -708 \\ -706 \\ 709 \end{bmatrix} \quad (7)$$



Gambar 6. Kecepatan tiap motor

Pada Gambar 6 merupakan prinsip robot *omni-wheel* yang dipakai pada RoV. Pada hasil penghitungan *invers kinematic* tersebut, didapatkan nilai kecepatan tiap motor ketika RoV melakukan pergerakan maju. Dari hasil penghitungannya didapat nilai $V_1 = 707$, $V_2 = -708$, $V_3 = -706$, dan $V_4 = 709$. Dari hasil tersebut, untuk nilai positif berputar CW (*clock*

wise) sedangkan untuk nilai negatif berputar CCW (*counter clock wise*). Dengan hasil tersebut, motor mendorong gaya ke belakang sehingga RoV melakukan pergerakan ke depan.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada analisa dan pengujian sistem yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. RoV dapat kedap air ketika diuji di kolam renang dengan ketinggian maksimal 1,5 meter.
2. Implementasi heading hold pada RoV memiliki rata-rata error 0,5382 %
3. RoV dapat melakukan manuver sesuai setpoint yang diberikan oleh pengguna sehingga dapat melakukan pergerakan secara bebas.

Dalam pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dan dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk kecepatan putar tiap motor brushless harus sama, ini dikarenakan untuk menjaga keseimbangan RoV dalam bermanuver. Selain itu, juga harus disiapkan dalam pembuatan elektrik agar air tidak masuk dalam air sehingga aman digunakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]I. Rizki, "Desain Kontrol Tracking Underactuated Auv Pada Bidang Horizontal Menggunakan State Dependent Riccati Equations (Sdre) – Lqt Tracking Control Design of Underactuated Auv in the Horizontal Plane Using State Dependent Riccati Equations (Sdre) – Lqt," 2016.
- [2]A. Sofwan and A. Goni, "Development of Omni-Wheeled Mobile Robot Based-on Inverse Kinematics and Odometry," pp. 143–148, 2019.
- [3]P. Magister, B. Keahlian, T. Elektronika, D. T. Elektro, and F. T. Elektro, "PERANCANGAN KENDALI MANIPULATOR REMOTELY OPERATED VEHICLE UNTUK MENGAMBIL OBJEK DENGAN MENGGUNAKAN," 2018.