

Purwarupa Robot Kapal Selam Menggunakan Kontrol PD Berbasis Mikrokontroler Atmega32

Fahmi Najmi Nurisma*¹, Panggih Basuki²

¹Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, UGM

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *¹fahmi.n.n@gmail.com, ²panggih@ugm.ac.id

Abstrak

Salah satu permasalahan dalam pengambilan data karang di dalam air adalah efisiensi waktu dalam pengambilan gambar video di bawah air. Video tersebut yang merekam bentuk karang yang hidup di kedalaman tiga sampai lima meter dibawah air. Dengan robot kapal selam merupakan salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Telah dibuat purwarupa robot kapal selam dengan sistem kontrol bawah air yang dapat bergerak dari permukaan air menuju kedalaman tiga meter yang kemudian bergerak lurus horizontal di kedalaman tiga meter.

Subsistem yang dibuat adalah sistem gerak robot Kapal Selam dengan menerapkan pengontrol PD (Proportional – Derivative) dengan menggunakan sensor tiltmeter ADXL202 dan sensor tekanan MPX5100DP sebagai perangkat masukannya. ADXL202 membaca posisi kemiringan robot kapal selam pada sumbu Y (depan - belakang) terhadap sumbu Y referensi. MPX5100DP membaca tekanan robot kapal selam didalam air. Nilai selisih (error) kemiringan dan nilai tekanan air yang terbaca kemudian digunakan sebagai masukan untuk proses kontrol PWM (Pulse Widht Modulation) motor sebagai pemutar baling-baling.

Algoritma proportional derivative merupakan salah satu algoritma yang membuat robot dapat bermanuver dengan baik sehingga robot dapat bergerak dari permukaan air menuju kedalaman tiga meter dan bergerak lurus horizontal di kedalaman tiga meter di dalam air. Hasil pengujian dengan menggunakan nilai gain pada proses kontrol, $K_p = 8$ dan $K_d = 8$, robot dapat bermanuver di dalam air dengan waktu tempuh 01.04.49 menit .

Kata kunci—Pengontrol PD, robot kapal selam, sensor Tiltmeter ADXL202, sensor tekanan MPX5100DP

Abstract

One of the problems in data collection coral in the water is time efficiency in video shooting underwater. The video is a recording form living reefs into three to five feet below the water. With a robot submarine is one way to solve the problem. Have made prototype robot submarine with underwater control system that can move from surface water to a depth of three meters and then move straight horizontally at a depth of three meters.

Subsystem is made submarine robot motion system by applying the PD controller (Proportional - Derivative) using ADXL202 tiltmeter sensors and pressure sensors MPX5100DP as input devices. ADXL202 reading robot submarine tilt position on the Y axis (front - rear) on the Y axis reference. MPX5100DP pressure reading robot submarine underwater. Value of the difference (error) tilts and the water pressure value read is then used as input to control the PWM (Pulse Modulation widht) motor as a rotary propeller.

Proportional derivative algorithm is one of the algorithms that make the robot can maneuver well so that the robot can move from the surface into the water to three feet and the move straight horizontally into three feet in the water. Test results using the value of the gain on the control, $K_p = 8$ and $K_d = 8$, the robot can maneuver in the water with time distance 1:04:49 minutes.

Keywords—PD controller, robot submarine, ADXL202 Tiltmeter Sensor, Pressure Sensor MPX5100DP

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang lautnya memiliki 2/3 luas seluruh wilayah NKRI. Indonesia memiliki 17.504 pulau dari Sabang sampai Merauke. Letak Indonesia yang berada tepat di garis Khatulistiwa yang beriklim tropis menjadikan perairan Indonesia sebagai perairan hangat yang ideal bagi pertumbuhan terumbu karang. Terumbu karang merupakan suatu ekosistem laut yang kompleks yang memiliki keanekaragaman tertinggi. Terumbu karang menjadi habitat, tempat mencari makan dan reproduksi bagi berbagai jenis hewan dan tumbuhan laut yang saling bersimbiosis sehingga tercipta suatu ekosistem terumbu karang yang menakjubkan.

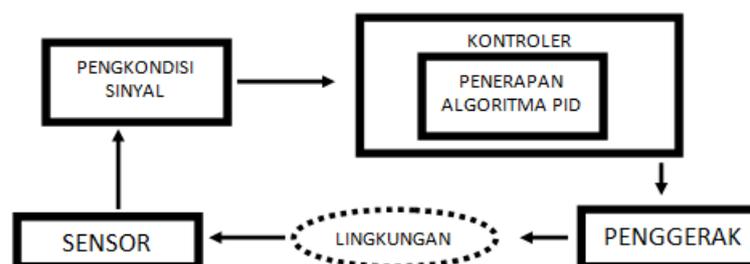
Upaya perlindungan terhadap ekosistem terumbu karang sangat dibutuhkan, diantaranya dengan melakukan pendataan kondisi terumbu karang, tepatnya di daerah ekosistem terumbu karang. Pendataan terumbu karang ini dilakukan dengan monitoring kondisi karang secara berkala dan berkelanjutan. Monitoring terumbu karang saat ini menggunakan metode menyelam dengan data dicatat oleh penyelam. Namun masih banyak kendala yang dihadapi, seperti mengambil banyak data dalam waktu yang relatif singkat di banyak lokasi terumbu karang.

Masalah yang dihadapi adalah efisiensi waktu dalam monitoring bawah laut dan keamanan pengambil data. Dari hal tersebut, saya mempunyai ide untuk meningkatkan efektifitas dari waktu monitoring ini. Dengan membuat suatu purwarupa kapal selam yang dapat memonitoring bawah laut dengan kedalaman yang sama. Suatu purwarupa kapal selam yang dapat bergerak horizontal dengan kedalaman konstan. Untuk pengendalian sistem kerja dari alat ini menggunakan mikrokontroler ATMEGA32. Dari pembuatan purwarupa ini diharapkan efisiensi waktu dalam monitoring bawah laut dan aman bagi pengambil data.

2. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem robot ditujukan pada robot kapal selam, yaitu mempertahankan kedalaman robot yang bergerak lurus menggunakan PD kontroler. Robot dimodelkan sebagai sebuah sistem kalang tertutup (*closed loop*).

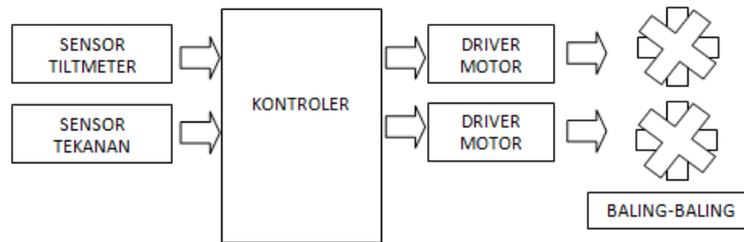
Parameter yang diolah oleh robot yaitu perilaku robot dalam mempertahankan kedalaman bergerak lurus di dalam air. Untuk mengetahui tekanan air digunakan sensor MPX5100DP dan sensor tiltmeter sebagai sensor kemiringan. Secara umum, diagram blok sistem diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram kotak sistem

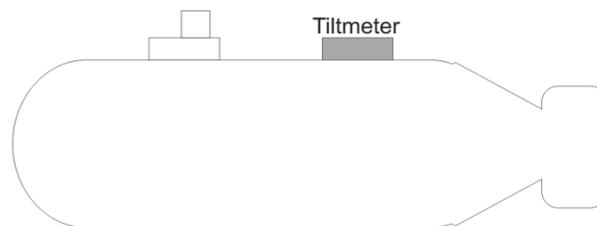
Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa, perubahan lingkungan akan ditangkap oleh sensor yang menghasilkan pengkondisi sinyal, pengkondisi sinyal tersebut diolah oleh kontroler yang didalamnya terdapat basis pengetahuan dan basis perencanaan dan pengendalian yang dalam hal ini diganti dengan menggunakan algoritma PD. Selanjutnya *output* dari kontroler dikeluarkan ke bagian penggerak sehingga sistem akan bergerak sesuai dengan keadaan lingkungan [1].

Bagian elektronik yang menjadi bagian sistem robot ini terlihat dalam Gambar 2 tampak diagram blok bagian elektronik ini yang terdiri atas bagian kontroler, sensor dan aktuator beserta *driver*-nya. Kontroler yang digunakan adalah ATmega32 yang akan digunakan untuk mengontrol sensor tekanan, sensor tiltmeter, dan dua buah *driver* motor yaitu satu untuk baling-baling depan dan satu untuk baling-baling belakang.



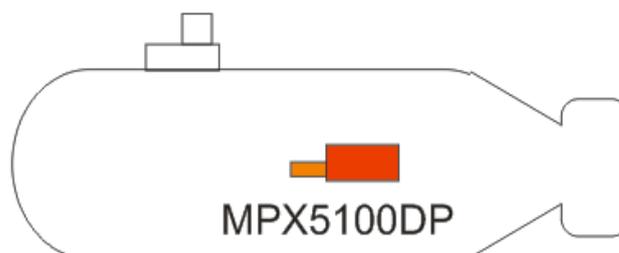
Gambar 2 Diagram blok elektronik robot

Sensor tiltmeter tergabung dengan minimum sistem dari robot. Peletakkannya sistem minimum dan sensor tiltmeter didalam box akrilik yang kedap air. Box akrilik diletakkan dibagian luar robot, tepatnya dibagian atas tengah robot. Gambar 3 menunjukkan penempatan sensor tiltmeter pada robot.



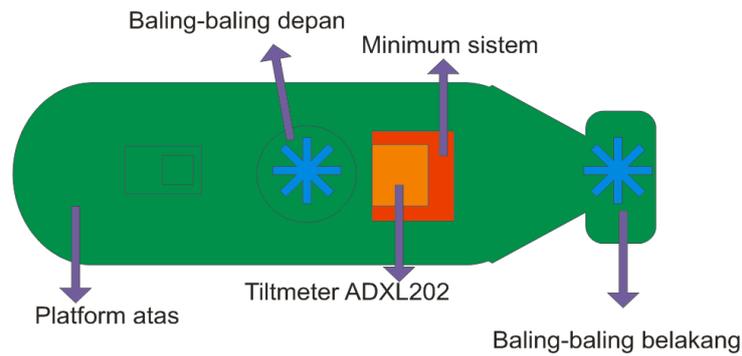
Gambar 3 Sensor tiltmeter

Sensor tekanan digunakan untuk mengetahui tekan air yang diterima robot di kedalaman sekitarnya. Adapun kedalaman yang dimaksud adalah kedalaman air kolam tiga meter dari permukaan air. Untuk mengetahui tekanan air sedemikian rupa sehingga dapat diketahui tekanan yang didapat robot dengan lingkungan sekitar digunakan sensor tekanan MPX5100DP. Sensor MPX5100DP dapat memberikan informasi tekanan air yang diterima robot [2]. Gambar 4 menunjukkan penempatan sensor tekanan pada robot.

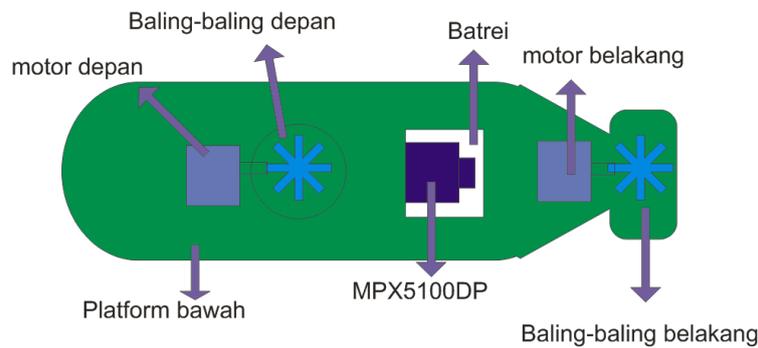


Gambar 4 Sensor tekanan

Selain bagian elektronik, bagian mekanik juga mendukung kinerja robot. Secara umum. Bagian ini terdiri atas dua bagian, yaitu bagaian *platform* robot dan perancangan motor. Seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.

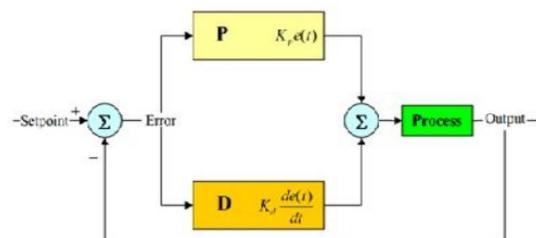


Gambar 5 Mekanik platform atas (tampak atas)



Gambar 6 Mekanik platform bawah (tampak atas)

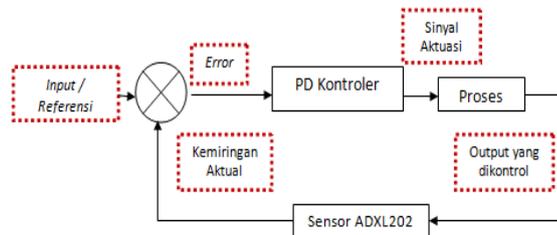
Pengendali *Proportional Derivative* (PD) merupakan salah satu jenis pengendali yang banyak digunakan dalam dunia industri. Pengendali *Proportional Derivative* (PD) bekerja dengan melakukan koreksi terhadap *error*. Apa yang terjadi pada sistem dibandingkan dengan nilai yang diinginkan (*set point*) dan dilakukan perhitungan berdasarkan dengan algoritma *Proportional Derivative* (PD) [3]. Gambar 7 adalah gambar diagram blok pengendali *Proportional Derivative* (PD).

Gambar 7 Diagram blok pengendali *Proportional Derivative* (PD)

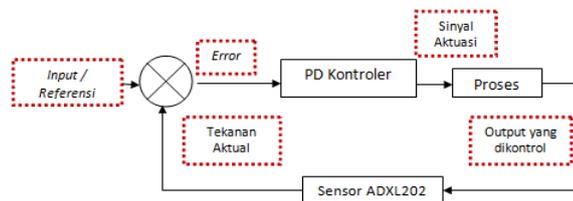
Algoritma *Proportional Derivative* (PD) terdiri dari dua bagian yaitu; *proportional dan derivative*. Bagian *proportional* menentukan reaksi terhadap *error* secara langsung [3]. Bagian *derivative* menentukan reaksi terhadap perubahan *error* yang terjadi pada sistem. Penjumlahan kedua komponen ini digunakan untuk melakukan koreksi *error* supaya sesuai dengan nilai yang diharapkan. Dengan menyetel konstanta-konstanta pengendali pada kedua bagian tersebut, maka akan didapatkan respon terbaik sistem. Untuk mendapatkan konstanta terbaik dapat dilakukan dengan melakukan simulasi atau *trial and error* untuk mendapatkan konstanta terbaik. Persamaan 1 adalah persamaan pengendali *Proportional Derivative* (PD) [4].

$$u(t) = K_p.e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Algoritma PD disini akan mengendalikan dua buah sensor yaitu sensor *tiltmeter* dan sensor tekanan. Diagram untuk pengendalian dua buah sensor ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



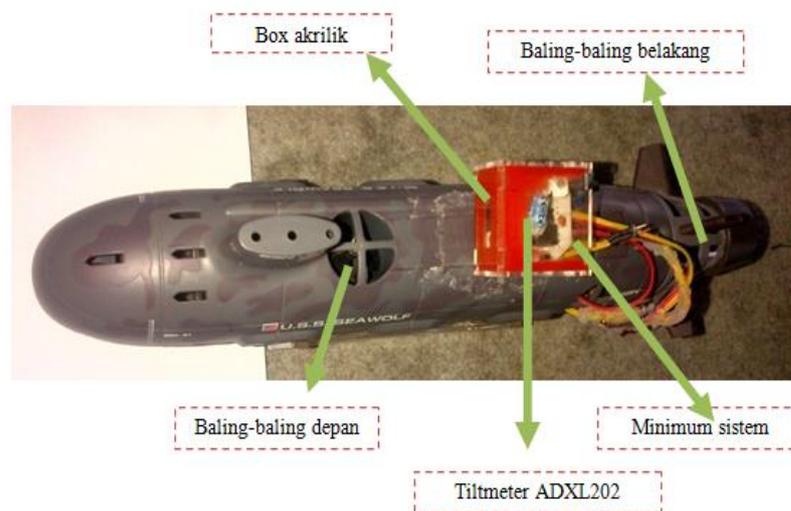
Gambar 8 Diagram blok pengendali sensor *tiltmeter*



Gambar 9 Diagram blok pengendali sensor tekanan

Pada Gambar 8 dan Gambar 9, ditunjukkan bahwa *error* diperoleh dari selisih antara input/referensi dengan kemiringan aktual untuk sensor ADXL202 dan tekanan aktual untuk sensor MPX5100DP, hasil *error* masuk kedalam PD kontroler yang akan menghasilkan sinyal aktuasi, sinyal aktuasi tersebut masuk ke dalam blok proses yang akan menghasilkan output yang akan dikontrol berupa tekanan aktual saat ini untuk sensor MPX5100DP dan kemiringan aktual saat ini untuk sensor ADXL202 sebagai sinyal *feedback* [5].

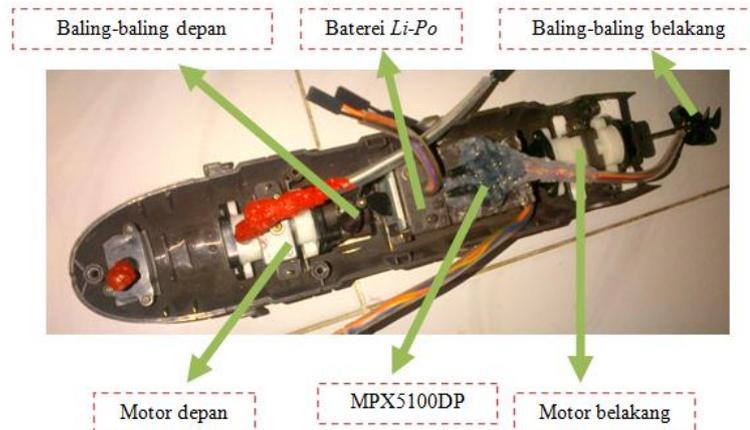
Implementasi mekanik yang telah dibuat seperti ditunjukkan pada Gambar 10, 11, dan 12.



Gambar 10 Implementasi robot tampak dari atas

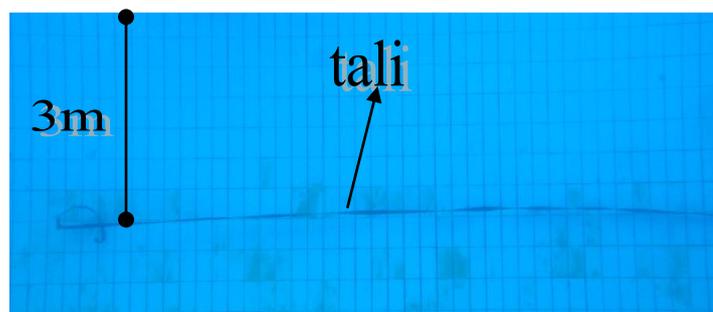


Gambar 11 Implementasi robot tampak dari samping kanan



Gambar 12 Implementasi robot tampak dari atas (bagian dalam)

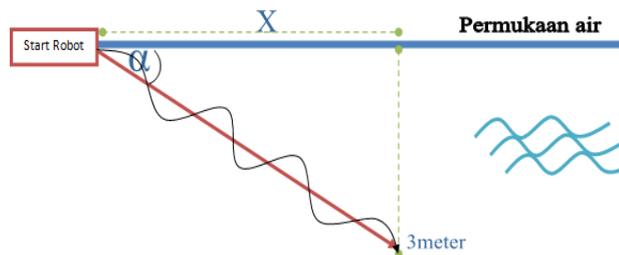
Berdasarkan Gambar 10, 11, dan 12, dapat diketahui bahwa implementasi mekanik sesuai dengan perancangannya, dengan panjang 35 cm dan diameter 6 cm, robot ini dapat bergerak di dalam air. Pada robot ini peletakan *minimum system* berada diatas robot bagian tengah, agar keseimbangan robot terjaga. *Minimum system* dan tiltmeter ADXL202 diletakkan didalam boks akrilik yang dilindungi oleh *silicone glass* dibagian dan dalam boks agar kedap air. Pada robot ini digunakan selang sebagai pelindung kabel penghubung dan *silicone glass* sebagai pelindung dari kebocoran air. Pengujian ini digunakan kolam renang dengan kedalaman 7 meter. Maka pada implementasi arena pengujian ini ditunjukkan kedalaman kolam yang digunakan untuk pengujian seluruh sistem robot, dengan penanda kedalaman tiga meter dengan indikator tali. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13.



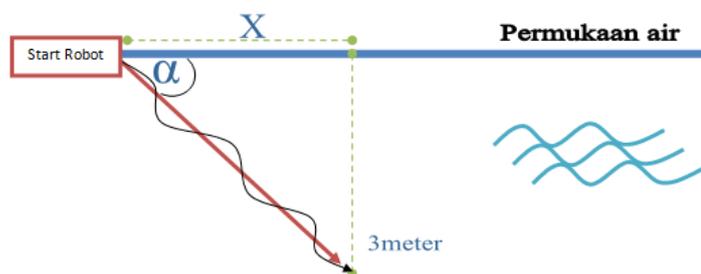
Gambar 13 Arena pengujian keseluruhan sistem robot

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui serta membandingkan pengaruh pergerakan robot kapal selam menuju ke kedalaman tiga meter menggunakan algoritma PD dan pergerakan robot kapal selam menuju ke kedalaman tiga meter konvensional. Pada pengujian ini diamati pergerakan robot dari permukaan sampai kedalaman tiga meter, kemudian direkam dalam bentuk *video*, dimana dari *video* pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pergerakan pergerakan robot ditunjukkan pada ilustrasi Gambar 15. Selanjutnya dari hasil pengujian pergerakan robot kapal selam menuju ke kedalaman tiga meter tersebut dibandingkan dengan metode konvensional yaitu tanpa algoritma PD. Pergerakan robot dengan metode konvensional didapat hasil pengamatan *video* rekaman di dalam air. Pergerakan robot dengan metode konvensional diilustrasikan pada Gambar 14.



Gambar 14 Pengujian pergerakan robot menuju ke kedalaman 3m dengan metode konvensional



Gambar 15 Pengujian pergerakan robot menuju ke kedalaman 3m dengan algoritma PD

Berdasarkan Gambar pengujian diatas, dapat dilihat perbedaan pergerakan robot menuju ke kedalaman 3meter yang menggunakan algoritma PD dengan robot yang tidak menggunakan algoritma PD (konvensional).

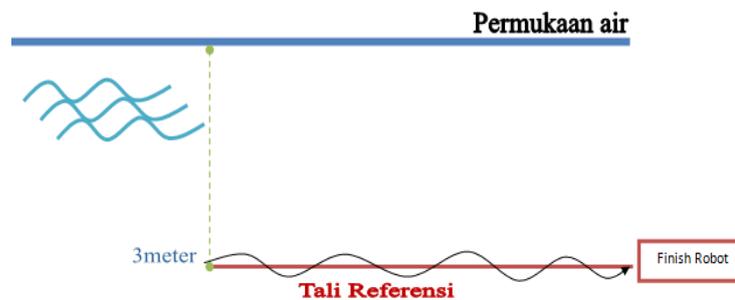
Pada robot yang menggunakan algoritma PD, saat robot di-*start* robot mengandalkan sensor ADXL202 sebagai sensor kemiringan agar robot berada pada posisi miring kedepan dengan kondisi kemiringan yang diinginkan, kemudian menggerakkan baling-baling belakang mendorong menuju kedalaman 3 meter dan baling-baling depan menstabilkan kondisi kemiringan robot sampai kedalaman 3 meter. Terlihat pada Gambar 15, robot bergerak dengan osilasi yang tidak besar, dengan sudut $\alpha = 49^\circ$ serta waktu tempuh yang dicapai 36.47 detik. Setelah robot sampai kedalaman 3 meter dengan pembacaan tekanan air oleh sensor MPX5100DP, robot memosisikan sejajar bersiap bergerak lurus horizontal di kedalaman 3 meter.

Pada robot yang tidak menggunakan algoritma PD (konvensional), saat robot di-*start*, robot mengandalkan sensor kemiringan agar robot berada pada posisi miring kedepan yang diinginkan, kemudian menggerakkan baling-baling belakang menuju kedalaman 3 meter dan baling-baling depan menstabilkan kondisi kemiringan robot sampai kedalaman 3 meter. Terlihat pada Gambar 14, robot bergerak dengan osilasi yang sangat besar, dengan sudut $\alpha = 36^\circ$ serta

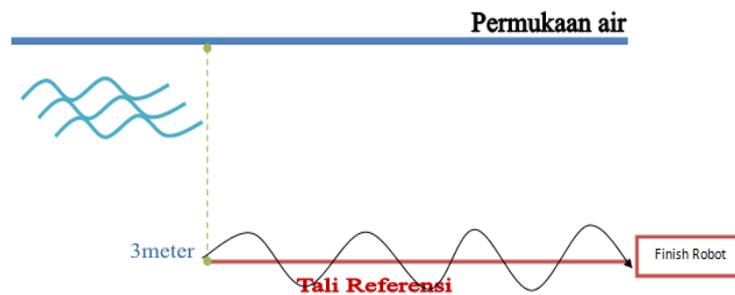
waktu tempuh yang lebih lama dicapai 51.27 detik. Setelah robot sampai kedalaman 3 meter dengan pembacaan tekanan air oleh sensor tekanan, robot berisap gerak lurus horizontal di kedalaman 3 meter.

Pada pengujian di atas dapat dilihat bahwa pengujian robot bergerak dari permukaan air menuju kedalaman 3 meter lebih optimal dan efisien menggunakan algoritma PD, karena osilasi pergerakan robot yang tidak besar dan lebih singkat robot menuju ke kedalaman 3 meter sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi lebih cepat.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui serta membandingkan pengaruh pergerakan robot lurus horizontal di kedalaman 3 meter menggunakan algoritma PD dan pergerakan robot lurus horizontal di kedalaman 3 meter konvensional. Pada pengujian ini diamati pergerakan robot lurus horizontal di kedalaman 3 meter yang mengikuti tali referensi, kemudian direkam dalam bentuk *video*, dimana dari *video* pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pergerakan pergerakan robot ditunjukkan pada ilustrasi Gambar 16. Selanjutnya dari hasil pengujian pergerakan robot kapal selam yang bergerak lurus horizontal di kedalaman tiga meter tersebut dibandingkan dengan metode konvensional yaitu tanpa algoritma PD. Pergerakan robot dengan metode konvensional didapat hasil pengamatan *video* rekaman di dalam air. Pergerakan robot dengan metode konvensional diilustrasikan pada Gambar 17.



Gambar 16 Pengujian pergerakan robot lurus horizontal di kedalaman 3m dengan algoritma PD



Gambar 17 Pengujian pergerakan robot lurus horizontal di kedalaman 3m dengan metode konvensional

Berdasarkan Gambar pengujian diatas, dapat dilihat perbedaan pergerakan robot lurus horizontal di kedalaman tiga meter yang menggunakan algoritma PD dengan robot yang tidak menggunakan algoritma PD (konvensional).

Pada robot yang menggunakan algoritma PD, saat robot di-*start* tali referensi robot mengandalkan sensor ADXL202 sebagai sensor kemiringan agar robot berada pada kondisi lurus sejajar horizontal yang diinginkan, kemudian menggerakkan baling-baling belakang mendorong lurus kedepan dan baling-baling depan menstabilkan kondisi robot lurus horizontal mengikuti tali referensi. Terlihat pada Gambar 16, robot bergerak dengan osilasi yang tidak besar, mengikuti tali referensi sesuai yang diinginkan bergerak lurus horizontal, serta waktu tempuh yang dicapai 28.03 detik sampai akhir tali referensi. Dengan pembacaan tekanan air

oleh sensor MPX5100DP, robot memposisikan sedemikian rupa pergerakan selalu bergerak di kedalaman 3 meter.

Pada robot yang tidak menggunakan algoritma PD (konvensional), saat robot di-start tali referensi, robot mengandalkan sensor kemiringan agar robot berada pada kondisi lurus sejajar horizontal yang diinginkan, kemudian menggerakkan baling-baling belakang mendorong lurus kedepan dan baling-baling depan menstabilkan kondisi robot lurus horizontal mengikuti tali referensi. Terlihat pada Gambar 17, robot bergerak dengan osilasi yang besar, cenderung menjauhi tali referensi sehingga tidak sesuai yang diinginkan bergerak lurus horizontal, serta waktu tempuh yang dicapai lebih lama 33.13 detik sampai akhir tali referensi. Robot bergerak di kedalaman 3 meter dengan pembacaan tekanan air oleh sensor tekanan, sehingga robot memposisikan sedemikian rupa pergerakan selalu bergerak di kedalaman 3 meter.

Pada pengujian di atas dapat dilihat bahwa pengujian robot bergerak lurus horizontal di kedalaman 3 meter lebih optimal dan efisien menggunakan algoritma PD, karena osilasi pergerakan robot yang tidak besar mengikuti tali referensi dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat sampai di akhir tali referensi.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sesuai hasil pengamatan, pengujian dan analisa pada hasil perancangan dapat diperoleh kesimpulan bahwa robot kapal selam tanpa awak dapat bergerak lurus horizontal di kedalaman tiga meter dengan waktu tempuh dari permukaan air sampai akhir tali referensi 01.04.49 menit dan sudut kemiringan α sebesar 49° menggunakan kontrol PD dengan nilai $K_p=8$ dan $K_d=8$.
2. Pada pengujian keseluruhan sistem robot, berdasarkan pergerakan robot yang bergerak dari permukaan air menuju ke kedalaman 3 meter dan bergerak lurus horizontal di kedalaman 3 meter, pergerakan lebih optimal pada pergerakan robot yang menggunakan algoritma PD pada sensor ADXL202 dan sensor MPX5100DP daripada menggunakan metode konvensional, kurang lebih pergerakan tidak mengalami osilasi yang besar sehingga pergerakan robot efektif didalam air.
3. Pada pengujian keseluruhan sistem robot dengan pergerakan robot didalam air, metode PD pada sensor tiltmeter dan sensor tekanan tergantung dari arus tenang dalam air karena mempengaruhi posisi kemiringan sensor ADXL dan tekanan air yang diterima sensor MPX5100DP, sehingga robot memerlukan pergerakan di air yang tenang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, W., 2009, Penerapan PID controller pada navigasi robot cerdas pemadam api divisi expert single dengan menggunakan algoritma LMS, *Tugas Akhir SI*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- [2] Motorola, 2004, Datasheet MPX5100DP, http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/P/X/5/MPX5100DP.shtml, diakses pada tanggal 08 Oktober 2012

-
- [3] Ardiyanto, I., 2008, Penerapan Pengendali Proportional Integral Derivative Pada Robot Wall Follower Berbasis ATmega16 dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik, *Tugas Akhir SI*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- [4] Korkmaz, S. 2007. *PID Controllers*. Unpublished Journal. Ankara
- [5] Devices, Analog. 1999. *Datasheet ADXL202 - Low Cost ± 2 g Dual Axis iMEMS Accelerometers with Digital Output*, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/48921/AD/ADXL202.html>, diakses 13 Oktober 2012.