

Rancang Bangun Robot Amphibi Sebagai Sistem Monitoring Gorong-Gorong

(Designing an Amphibious Robot As A Water Tunnel Monitoring System)

MUHAMAD YUSVIN MUSTAR, ADITYO EKA NUGRAHA, AHMAD IMAM HIDAYAT,
HASAN ZIDNI, RARA DWI OKTAVIANI

ABSTRACT

This research proposes a design and implementation of a culvert monitoring system, based on amphibious robots that resemble ship shapes. This robot, enable to work on land or on the surface of water. A robot control algorithm, based on Arduino microcontroller programming designed and modeled as human and robot interaction, so users can interact directly with the robot in movement control. The outputs generated on this monitoring system are images and sound. Images and sounds obtained from Mobius camera installed on the robot. The results of monitoring and control of robots is controlled wirelessly, so it can perform robot control and monitoring of long-distance culvert and different places. The system proposed in this study can be implemented and applied in real terms, as a system that can help and facilitate the monitoring of water tunnel.

Keywords: Amphibious Robot, Monitoring System, Human-Robot Interction, Arduino.

PENDAHULUAN

Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa, kepadatan penduduk yang semakin tinggi berdampak pada perkembangan sebuah kota, hal ini turut diikuti dengan kebutuhan sarana prasarana publik yang sangat memadai, salah satunya adalah pembangunan gorong-gorong. Gorong-gorong merupakan saluran irigasi yang melewati bawah tanah, bawah jembatan, bawah rel kereta api yang sering disebut drainase.

Saat ini, jumlah gorong-gorong semakin bertambah, hal ini dapat dilihat dari banyaknya konstruksi gorong-gorong yang dibangun dengan berbagai bentuk dan ukuran. Namun dengan adanya gorong-gorong di bawah tanah dengan jalur begitu panjang, serta semakin menyempitnya akses masuk yang disebabkan penggunaan dan umur gorong-gorong tersebut, menjadi sebuah problem atau masalah di lapangan jika ingin dilakukan pengecekan atau monitoring secara berkala, ditambah lagi resiko yang harus dihadapi para pekerja untuk memeriksa gorong-gorong tersebut secara langsung, menambah berbagai permasalahan dalam melakukan monitoring gorong-gorong.

Mengacu pada kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah robot amphibi menyerupai kapal yang dapat bekerja dan beroperasi didarat dan permukaan air.

Robot ini dilengkapi sistem monitoring dan pengontrolan robot secara nirkabel. Robot amphibi sepenuhnya dikendalikan oleh *user* dengan menggunakan media interaksi manusia dan robot berupa *remote control*, hasil monitoring dapat dipantau langsung melalui layar LCD, sehingga diharapkan robot dapat dipergunakan untuk membantu peran atau tugas manusia secara langsung dalam hal monitoring gorong-gorong, sekaligus meminimalisir risiko atau tingkat kecelakaan kerja pada khususnya.

TUJUAN PENELITIAN

Merancang dan mengimplementasikan sebuah robot amphibi yang dapat diaplikasikan sebagai sistem monitoring gorong-gorong secara nirkabel, sehingga dapat digunakan sebagai *tools* atau alat bantu tambahan dalam melakukan inspeksi kondisi gorong-gorong.

LANDASAN TEORI

1. Robot

Kata robot berasal dari bahasa Czech, *robota*, yang diartikan sebagai kerja. Kamus Webster mendefinisikan robot sebagai “*an automatic device that performs function ordinarily ascribed to human beings*”, diartikan sebagai suatu perangkat atau alat yang bekerja secara otomatis yang mampu melakukan aktifitas-aktifitas menyerupai manusia (Fadlisyah & Sayuti, 2009). Robot didesain dan dibuat sesuai kebutuhan penggunaannya, secara umum robot dibagi menjadi beberapa bagian yaitu robot manipulator, robot mobil (*mobile robot*), robot daratan yang terbagi atas robot berkaki dan beroda, robot air (*submarine robot*) dan robot terbang (*aerial robot*), (Amelia, 2015). Seiring berkembangnya teknologi saat ini, peran robot banyak digunakan untuk membantu tugas-tugas manusia yang terindikasi memiliki tingkat kesulitan dan kecelakaan bila dikerjakan oleh manusia, sehingga peran robot dapat mengurangi tingkat kecelakaan kerja (Mustar, 2011).

a. Robot Amphibi

Saat ini, peran robot amphibi (*Amphibious Robot*) terus mengalami perkembangan, hadirnya robot amphibi memberikan sebuah model dan bentuk robot yang dapat menjembatani kesenjangan antara robot yang dapat beroperasi di darat dan air (Prahacs et al., 2011). Hal ini menjadikan robot amphibi dapat beroperasi dan bergerak bebas baik di daratan maupun di air.

2. Interaksi Manusia dan Robot

Human-robot interaction dalam bahasa Indonesia diartikan interaksi manusia dan robot dinyatakan dalam tiga tingkatan, yaitu manusia sebagai kontroler robot sepenuhnya, manusia sebagai manager dari operator robot serta manusia dan robot berada dalam kesetaraan. Tujuan mendasar dari interaksi manusia dan robot adalah untuk mengembangkan prinsip-prinsip dan algoritma untuk sistem robot yang mampu membuat mereka langsung, berinteraksi dengan aman dan efektif dengan manusia. Interaksi, didefinisikan, membutuhkan komunikasi antara robot dan manusia, komunikasi antara manusia dan robot dapat

diambil dalam beberapa bentuk, tetapi bentuk-bentuk tersebut sebagian besar dipengaruhi oleh apakah manusia dan robot berada pada ruang lingkup yang berdekatan satu sama lain atau tidak, (Mustar et al., 2014; Mustar, 2014; Siregar et al., 2017). Beberapa bentuk paradigma, teori dan taksonomi interaksi manusia dan robot telah dijelaskan dan dikembangkan pada penelitian sebelumnya (Yanco & Drury, 2002; Scholtz, 2003; Breazeal, 2004), sehingga sangat membantu dalam merancang, mengembangkan dan mengaplikasikan bentuk interaksi manusia dan robot yang sesuai dengan kebutuhan.

3. Sistem Kontrol Robotik

Sistem kontrol robotik pada dasarnya terbagi dua kelompok, sistem kontrol loop terbuka (*open loop*) dan loop tertutup (*close loop*), kontrol loop terbuka atau umpan maju (*feed-forward control*) dinyatakan sebagai sistem kontrol yang keluarannya tidak diperhitungkan ulang oleh kontroler, sedangkan kontrol loop tertutup jika hasil gerak aktual telah sama dengan referensi maka input kontroler akan nol. Artinya kontroler tidak lagi memberikan sinyal aktuasi kepada robot karena target akhir perintah gerak telah diperoleh. Makin kecil *error* terhitung maka makin kecil pula sinyal pengemudi kontroler terhadap robot, sampai akhirnya mencapai kondisi tenang (*steady state*), (Endra, 2006).

4. Arduino

Arduino dikenal sebagai *platform computing* fisik atau *embedded*, yang berarti sistem interaktif yang dapat berinteraksi dengan lingkungannya melalui penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak. Mikrokontroler pada papan (*board*) Arduino dan rangkaianannya dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman Arduino (berdasarkan *Wiring*) dan lingkungan pengembangan Arduino (berdasarkan *Processing*). Proyek Arduino dapat berdiri sendiri atau dapat berkomunikasi dengan perangkat lunak yang berjalan pada komputer. Nama Arduino juga tidak hanya dipakai untuk menamai papan rangkaianannya saja, tetapi juga untuk menamai bahasa dan *software* pemrogramannya atau IDE (*Integrated Development Environment*), (Mustar, 2014). Tipe Arduino yang digunakan pada penelitian

ini adalah Arduino UNO yang menggunakan mikrokontroler Atmega 328.

METODOLOGI

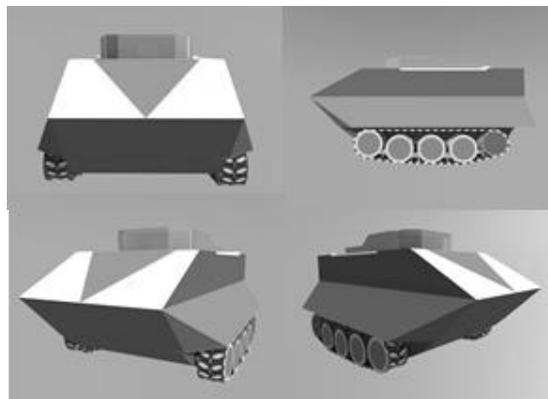
1. Perancangan Hardware

Sebelum melakukan perancangan *hardware*, dilakukan desain dan pembentukan model robot amfibi yang di rancang dalam bentuk 3D, sehingga bentuk robot dapat dimodelkan sesuai dengan tujuan penelitian ini, robot didesain menyerupai kapal dan dilengkapi roda robot tank, sehingga robot dapat beroperasi didarat

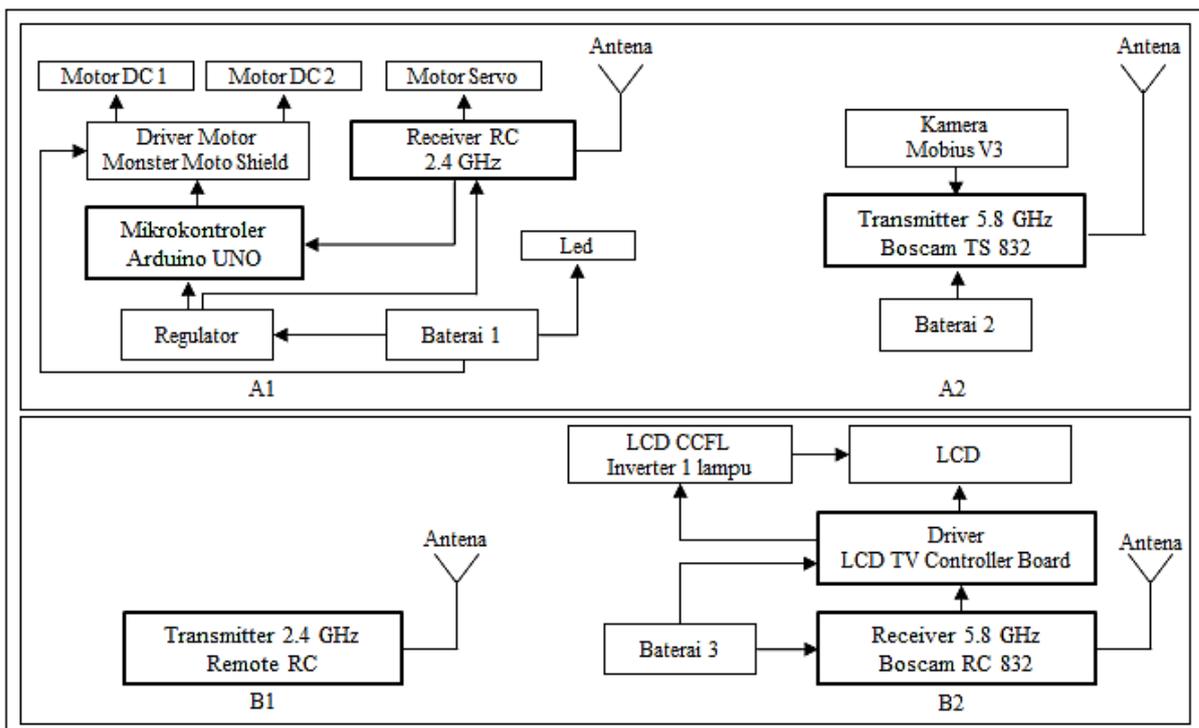
dan permukaan air. Gambar 1 memperlihatkan perancangan robot amfibi dalam bentuk 3D.

Beberapa komponen *hardware* atau perangkat keras digunakan dalam perancangan penelitian ini, gambar 2 memperlihatkan blok diagram perancangan *hardware* robot amfibi sebagai sistem monitoring gorong-gorong.

Pada gambar 2, terdapat empat bagian blok diagram yang dibagi dalam dua bagian dengan fungsi dan tugas berbeda, pada bagian blok diagram A1 dan A2 yang memperlihatkan blok diagram sistem dan *hardware* yang terdapat pada robot sedangkan blok diagram B1 dan B2 merupakan diagram blok sistem pengendalian dan monitoring robot amfibi.



GAMBAR 1. Perancangan Robot amfibi 3D



GAMBAR 2. Blok diagram perancangan hardware robot amfibi

Blok diagram bagian A1, receiver RC 2.4 GHz berfungsi menerima data pengontrolan robot amfibi yang di kirim melalui transmitter remote RC, channel pengontrolan remote yang digunakan pada sistem ini berjumlah 3 dari 6 channel, dengan pembagian 2 channel di inputkan pada Arduino UNO yang berfungsi sebagai mikrokontroler pengendali pergerakan robot dan 1 channel di hubungkan pada motor servo yang berfungsi menggerakkan kamera robot, receiver RC memiliki fasilitas PWM (*Pulse width modulation*) sehingga dapat langsung dihubungkan pada motor servo dengan pengontrolan melalui transmitter RC. 2 channel yang di inputkan ke Arduino UNO di olah dan di program sebagai algoritma pengontrolan robot agar dapat bernavigasi, selanjutnya output arduino UNO dihubungkan pada driver motor monster moto shield, driver ini berfungsi mengendalikan motor DC 1 dan motor DC 2 yang digunakan sebagai penggerak robot amfibi. Sebuah baterai LiPo 3S 5000 mAh 11.1 Volt digunakan sebagai sumber tegangan, regulator tegangan digunakan untuk mengatur tegangan pada Arduino UNO dan receiver RC 2.4 agar sesuai dengan power inputnya. Untuk kebutuhan penerangan robot dan kamera, digunakan sebuah led yang mendukung robot jika kekurangan cahaya

Blok diagram A2 memperlihatkan perancangan *hardware* pengambilan gambar dan suara, pengambilan gambar dan suara diperoleh dari kamera mobius V3 dengan spesifikasi video full HD 1080p, output dari kamera tersebut kemudian di inputkan ke Boscam TS 832 5.8 GHz yang digunakan sebagai radio transmitter pengiriman gambar pada receiver, agar transmitter dan receiver dapat berkomunikasi pengaturan channel dan frekuensi diperlukan. Untuk kebutuhan tegangan digunakan baterai tipe LiPo 3S 1000 mAh 11.1 Volt.

Blok diagram B1 merupakan unit sistem pengendalian atau pengontrolan robot sepenuhnya dengan menggunakan remote RC, dari remote tersebut pergerakan robot maju, mundur, berbelok kekanan, berbelok kekiri serta pengendalian pergerakan kamera dikendalikan melalui transmitter 2.4 GHz untuk

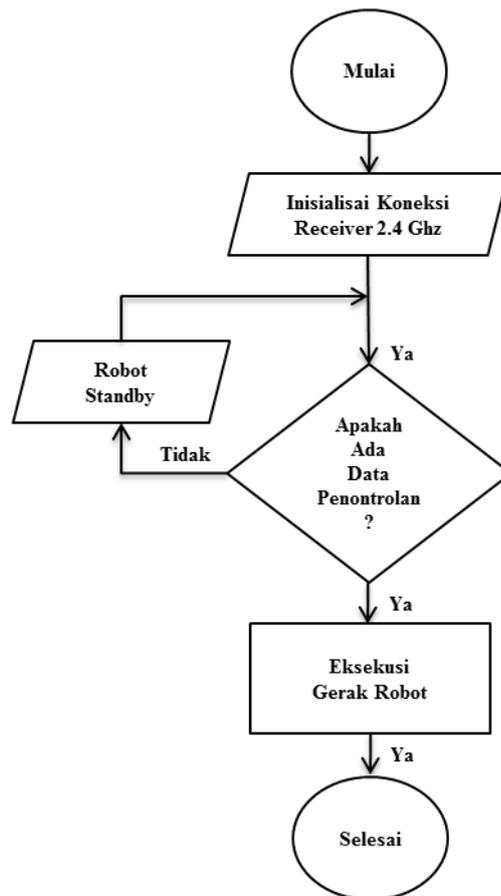
diterima pada receiver 2.4 GHz yang terdapat pada robot.

Sedangkan blok diagram B2 merupakan sistem perancangan *hardware* yang bertujuan untuk menampilkan hasil monitoring robot amfibi, receiver 5.8 GHz Boscam RC 832 menerima gambar dan suara yang dipancarkan oleh transmitter 5.8 GHz, output dari receiver 5.8 GHz diinputkan pada driver LCD TV Controller yang berfungsi sebagai media pengontrolan gambar yang akan ditampilkan pada layar LCD serta pengontrolan suara yang diterima oleh receiver 5.8 GHz. Untuk kebutuhan tegangan digunakan baterai tipe LiPo 3S 2200 mAh 11.1 Volt.

2. Perancangan Software

Perancangan *software* pada penelitian ini berada pada pembuatan program pengendalian navigasi robot melalui mikrokontroler Arduino, sebuah algoritma pengontrolan robot berdasarkan sistem kontrol loop terbuka, dibangun agar robot dapat bernavigasi sesuai dengan perintah *user*, sehingga keluaran dari pengontrolan tidak di perhitungkan kembali oleh sistem dan *user* berfungsi sebagai kontroler robot sepenuhnya melalui media interaksi remote RC,

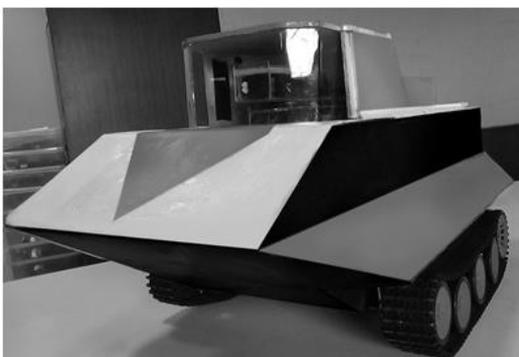
Sebelumnya data yang diterima oleh receiver 2.4 GHz di olah pada mikrokontroler Arduino untuk dikelompokkan menjadi sebuah data perintah navigasi robot melalui remote RC, sehingga setiap data memiliki fungsi untuk melakukan pengontrolan navigasi robot, yaitu data pengontrolan maju dengan aksi robot bergerak maju, data pengontrolan mundur dengan aksi robot bergerak mundur, data pengontrolan kekanan dengan aksi robot bergerak berbelok kekanan serta data pengontrolan kekiri dengan aksi robot bergerak berbelok kekiri, setiap pengontrolan mewakili satu perintah pengontrolan navigasi robot, jika tidak terdapat perintah pengontrolan robot akan standby sampe menunggu perintah pengontrolan navigasi selanjutnya, gambar 3 memperlihatkan flowchart perancangan *software* pengontrolan robot.



GAMBAR 3. Flowchart perancangan software pengontrolan robot

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini merupakan robot amfibi yang dapat melakukan monitoring gorong-gorong, dengan bentuk interaksi manusia dan robot memposisikan pengguna (*user*) sebagai kontroler robot sepenuhnya. Gambar 4 memperlihatkan bentuk robot amfibi.



GAMBAR 4. Robot amfibi

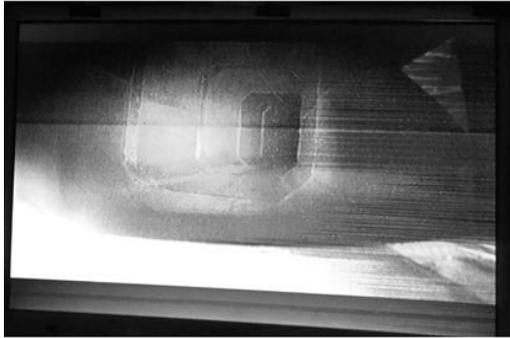
Pengujian robot amfibi dilakukan secara riil sesuai dengan tujuan penelitian ini, beberapa pengujian dilakukan di gorong-gorong, darat dan di permukaan air untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja melakukan monitoring.

Gambar 5. Memperlihatkan pengujian robot amfibi pada saat melakukan monitoring gorong-gorong.



GAMBAR 5. Pengujian Robot amfibi melakukan monitoring gorong-gorong

Seperti yang terlihat pada gambar 5, robot dapat bekerja melakukan monitoring gorong-gorong, setiap hasil pemantauan gorong-gorong dapat diamati menggunakan layar LCD seperti yang terlihat pada gambar 6 yang memperlihatkan hasil monitoring gorong-gorong melalui tampilan LCD.

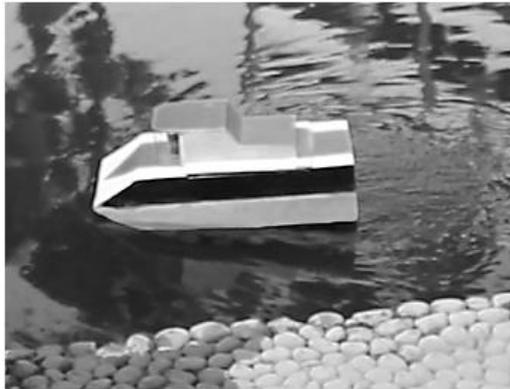


GAMBAR 6. Tampilan layar LCD hasil monitoring gorong-gorong



GAMBAR 8. Hasil monitoring robot dipermukaan air

Selain pengujian di darat, robot amfibi diujikan juga di permukaan air. Gambar 7 memperlihatkan pengujian dipermukaan air sedangkan gambar 8 memperlihatkan hasil monitoring robot pada permukaan air melalui kamera yang terpasang pada robot.



GAMBAR 7. Pengujian robot amfibi pada permukaan air

Pengujian terhadap sistem robot juga dilakukan, sehingga dapat diketahui performa sistem robot amfibi. Sebuah skenario pengujian dilakukan, dengan cara menguji jarak monitoring dan pengendalian robot pada keadaan tidak terhalang serta keadaan robot terhalang. Tabel 1 memperlihatkan hasil pengujian jarak monitoring dan pengendalian robot pada keadaan tidak terhalang.

Seperti terlihat pada tabel 1, jarak terbaik monitoring robot pada kondisi tidak terhalang adalah 0-200 meter, sedangkan pengontrolan pergerakan robot berjarak 0-220 meter. Berbeda dengan kondisi robot terhalang bangunan atau benda lainnya. Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian jarak monitoring dan pengendalian robot pada keadaan terhalang.

TABEL 1. Hasil pengujian jarak monitoring dan pengendalian robot pada keadaan tidak terhalang

No	Jarak (meter)	Kualitas Monitoring (gambar dan suara)	Pengontrolan Pergerakan Robot
1	10	Baik	Baik
2	20	Baik	Baik
3	30	Baik	Baik
4	40	Baik	Baik
5	50	Baik	Baik
.....
.....
.....
19	190	Baik	Baik
20	200	Baik	Baik
21	210	Kurang Baik	Baik
22	220	Hilang	Kurang Baik
23	230	Hilang	Hilang

TABEL 2. Hasil pengujian monitoring dan jarak pengendalian robot pada keadaan terhalang

No	Jarak (meter)	Kualitas Monitoring (gambar dan suara)	Pengontrolan Pergerakan Robot
1	10	Baik	Baik
2	20	Baik	Baik
3	30	Baik	Baik
4	40	Baik	Baik
5	50	Baik	Baik
6	60	Baik	Baik
7	70	Baik	Baik
8	80	Baik	Baik
9	90	Kurang Baik	Baik
10	100	Hilang	Baik
11	110	Hilang	Kurang Baik
12	120	Hilang	Hilang

Pada kondisi terhalang seperti yang terlihat pada table 2, kualitas monitoring berkondisi baik berada pada jarak 0-80 meter, sedangkan pengontrolan pergerakan robot berada pada jarak 0-100 meter. Gambar 9 memperlihatkan sistem monitoring gorong-gorong secara keseluruhan, yaitu robot amfibi, remote RC dan LCD.



GAMBAR 9. Sistem monitoring gorong-gorong secara keseluruhan

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Sebuah robot amfibi sebagai sistem monitoring gorong-gorong berhasil di implementasikan secara riil, robot dapat melakukan monitoring baik di darat maupun di permukaan air. Pengontrolan pergerakan robot sepenuhnya dilakukan oleh *user* melalui media interaksi remote RC. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, jarak robot melakukan monitoring dengan baik pada keadaan tidak terhalang adalah 0-200 meter sedangkan jarak terbaik melakukan monitoring pada keadaan

terhalang adalah 0-80 meter, sehingga secara penggunaannya sistem ini dapat di gunakan sebagai sistem monitoring gorong-gorong berbasis robot amfibi.

2. Saran

Penggantian jenis antena transmitter dan receiver pada sistem monitoring serta pengontrolan robot dimungkinkan, dengan tujuan memperbaiki kualitas jarak lebih jauh pada sistem pengontrolan dan monitoring robot, selain itu mekanik penggerak robot pada saat bergerak dipermukaan air dapat dikembangkan lagi, karena kecepatan pergerakan robot berbeda pada saat di darat dan dipermukaan air, pada kondisi di permukaan air gerakan robot melambat dibandingkan pergerakan robot pada saat di darat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, P. (2015). *Penerapan Radio Frekuensi Pada Robot Amfibi (Hardware)*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Breazeal, C. (2004). Social interactions in HRI: the robot view. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 34(2), 181–186.
- Endra, P. (2006). *Robotika Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi.

- Fadlisyah, & Sayuti, M. (2009). *Robot Visi*. Graha Ilmu.
- Mustar, M. Y. (2011). *Implementasi Robot Tank Menggunakan Kamera CCTV Wireless Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mustar, M. Y. (2014). *Media Interaksi Manusia-Robot Berbasis Sensor Accelerometer dan Flex (Khusus Gerak Tangan dan Lengan)*. Universitas Gadjah Mada.
- Mustar, M. Y., Santosa, P. I., & Hartanto, R. (2014). Perancangan Model Interaksi Manusia dan Robot Dalam Bentuk Tampilan Visual Pada Komputer. In *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2014*. STMIK AMIKOM Yogyakarta.
- Prahacs, C., Saudners, A., Smith, M. K., McMordie, D., & Buehler, M. (2011). Towards legged amphibious mobile robotics. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*.
- Scholtz, J. (2003). Theory and evaluation of human robot interactions (p. 10–pp). 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences.
- Siregar, R. F., Syahputra, R., & Mustar, M. Y. (2017). Human-Robot Interaction Based GUI. *Journal of Electrical Technology UMY*, 1(1), 10–19.
- Yanco, H. A., & Drury, J. L. (2002). A taxonomy for human-robot interaction. *AAAI Fall Symposium on Human-Robot Interaction*, (pp. 111–119).
- Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183.
Email: aditiyo.eka.2014@ft.umy.ac.id
- Ahmad Imam Hidayat
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul Yogyakarta 55183.
Email: imam.hidayat95@gmail.com
- Hasan Zidni
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul Yogyakarta 55183.
Email: hasanzidni4@gmail.com
- Rara Dwi Oktaviani
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul Yogyakarta 55183.
Email: raradwioktaviani@gmail.com

 PENULIS:

Muhamad Yusvin Mustar

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183.

Email: yusvinmustar@gmail.com

Aditiyo Eka Nugraha

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan