

RANCANG BANGUN UNMANNED SURFACE VEHICLE BERBASIS ADAPTIVE MORPHOLOGY DI AIR DAN DARAT

Novian Fajar Satria¹⁾, Son Kuswadi²⁾, dan Edy Nor Arifin³⁾

^{1,2,3}Teknik Mekatronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jalan Raya ITS
Kampus PENS, Sukolilo, Surabaya, 60111
E-mail: ovinmeka@pens.ac.id¹, sonk@pens.ac.id², edienor94@gmail.com³

Abstract

In general, robots are used to help human tasks, one of which is completing a mission in an environment with one type of movement, for example: rolling, walking, flying, swimming, and jumping. The problem that arises is how a robot can traverse 2 different environments ?. To solve this problem a concept was introduced, namely adaptive morphology. Several previous studies have developed the concept of adaptive morphology in flying robots as land and air rides. In this study an unmanned surface vehicle (USV) based on adaptive morphology was made. Adaptive morphology is a method where there is a structure of robot parts that has several functions. One function is to carry out more than one kind of movement in different environments. To fulfill the goal of multi-modal locomotion, robots are designed by combining an unmanned surface vehicle (USV) system and a mobile robot system. USV Robot has 4 wheels which are designed with rowing wheel mechanism. The robot is controlled semi-automatically using a remote control. The results obtained are the USV robot can run in two different environments, namely on the surface of the water and land with the design of the wheels.

Keywords: *Adaptive morphology, unmanned surface vehicle, mobile robot.*

Abstrak

Pada umumnya, robot digunakan untuk membantu tugas manusia salah satunya yaitu menyelesaikan suatu misi di suatu lingkungan dengan satu jenis pergerakan, contohnya: bergulir, berjalan, terbang, berenang, dan melompat. Permasalahan yang muncul adalah bagaimana suatu robot dapat melintasi 2 lingkungan yang berbeda?. Hal ini memunculkan gagasan dan ide dalam menambahkan mekanisme pergerakan pada robot. Untuk menyelesaikan masalah tersebut diperkenalkan sebuah konsep, yaitu adaptive morphology. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan konsep adaptive morphology pada robot terbang sebagai wahana darat dan udara. Pada penelitian ini dibuat sebuah unmanned surface vehicle (USV) berbasis adaptive morphology. Adaptive morphology merupakan sebuah metode dimana ada struktur bagian robot yang memiliki beberapa fungsi. Salah satu fungsinya adalah untuk melakukan lebih dari satu macam pergerakan pada lingkungan yang berbeda. Robot memiliki kemampuan bergerak di permukaan air dan darat hanya dengan satu penggerak. Untuk memenuhi tujuan multi-modal locomotion, robot di disain dengan menggabungkan sistem unmanned surface vehicle (USV) dan sistem mobile robot. Robot USV memiliki 4 roda yang di disain dengan mekanisme rowing wheel. Robot dikendalikan secara semi-otomatis menggunakan remote control. Hasil yang didapat adalah robot USV dapat berjalan pada 2 lingkungan berbeda yaitu di permukaan air dan darat dengan disain dari roda.

Kata Kunci: *Adaptive morphology, unmanned surface vehicle, mobile robot.*

PENDAHULUAN

Perkembangan robot saat ini bersifat dinamis, berubah dari waktu ke waktu dan kebanyakan tidak dapat diprediksi, terutama di daerah yang sering terjadi bencana. Kondisi area bencana sangat berbahaya bagi manusia. Hal ini membuat robot dipilih sebagai media bantu tim SAR dalam melakukan pencarian dan penyelamatan korban bencana. Hasil dari pengamatan Kobe *Fire Department*, proses *Search and Rescue* (SAR) yang cepat sangat penting karena survival rate korban selamat terus menurun seiring waktu. Menurut Tokyo *Fire Department*, proses search (pencarian) ialah yang paling sulit dilakukan. Banyak penolong pertama menyatakan bahwa mereka dapat menyelamatkan korban jika posisinya telah diketahui. Seringkali, search berada di luar kemampuan manusia, sehingga dibutuhkan sistem pembantu untuk melakukan operasi ini [1]. *Unmanned Surface Vehicle* (USV) adalah salah satu wahana yang dapat digunakan untuk proses pencarian dan penyelamatan. USV dapat digunakan di perairan yang tidak dapat dilalui oleh kapal dengan awak, termasuk lingkungan dengan tingkat ancaman yang tinggi atau area yang telah terkontaminasi nuklir, biologi, atau bahkan kimia [2]. USV yang digunakan dalam aplikasi *search and rescue* (SAR) harus mampu melewati area yang kasar dan tidak terstruktur. Untuk memenuhi tugasnya melakukan proses lokalisasi korban, robot harus memiliki ukuran kecil, memiliki mobilitas tinggi, dan dilengkapi sensor-sensor yang diperlukan [3]. Oleh karena itu penggunaan satu penggerak akan membatasi kemampuan manuver dan fleksibilitas robot untuk bergerak dilapangan [4]. Robot membutuhkan beragam mobilitas dan mekanisme yang bisa disesuaikan untuk bergerak di bidang yang berbeda dan rintangan yang mungkin ada [5]. Misalnya, di bidang yang tidak terstruktur robot akan mengalami kesulitan ketika berjalan dan melakukan *manuver*. Ketidakmampuan robot untuk beradaptasi di beberapa lingkungan yang berbeda bisa diselesaikan dengan menambahkan alat gerak yang dibutuhkan ke dalam robot. Pendekatan baru yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah *adaptive morphology*.

Adaptive morphology yang diterapkan pada penelitian ini adalah sebuah metode dimana ada struktur bagian robot yang dapat melakukan lebih dari satu macam fungsi dengan menambahkan struktur mekanik baru pada robot. Konsep robot USV yang mengung metode *adaptive morphology* adalah sebuah USV dengan kemampuan dapat berjalan di air dan didarat dengan menambahkan mekanisme *rowing wheel* pada robot.

METODE PENELITIAN

Perancangan robot yang dibuat menggabungkan antara sistem USV untuk bergerak di permukaan air dan sistem mobile robot untuk bergerak di darat. Penggerak yang digunakan dalam robot yang akan dibuat menggunakan mekanisme *paddle wheel*. Mekanisme *paddle wheel* adalah sebuah roda yang memiliki sirip dan memiliki fungsi untuk mendayung air. Dengan konsep *adaptive morphology* yang diterapkan pada USV, roda didisain dapat menjelajah di beberapa medan yang berbeda, seperti permukaan air dan daratan yang memiliki struktur tidak rata. Mekanisme ini akan digunakan sebagai penggerak saat robot bergerak di permukaan air maupun di darat dengan medan yang tidak beraturan. Rowing wheel akan dibuat sebanyak 4 buah yang dipasang seperti mobile robot. Setiap roda akan digerakkan oleh satu motor penggerak yang dipasang langsung pada poros motor. Tipe USV yang akan dibuat pada penelitian ini menggunakan tipe katamaran. USV tipe ini menggunakan 2 buah hull yang dipasang sejajar. Disain mekanik robot USV dengan *adaptive morphology* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Disain robot USV tampak isometri

Disain robot USV digunakan sebagai referensi dalam pembuatan sistem mekanik sebenarnya. Realisasi dari disain mekanik (tampak depan) yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Realisasi robot, (a) tampak depan, (b) tampak samping

Dimensi USV yang akan dibuat terdiri dari panjang, lebar, dan tinggi USV disesuaikan dengan dimensi muatan yang akan diletakkan pada USV. Sistem mekanik

yang baik berpengaruh besar pada pergerakan robot, oleh karena itu perancangan mekanik dalam hal ini bodi dan rangka robot haruslah dibuat sepresisi mungkin. Dalam perancangan dan pembuatan robot, *chasis* robot atau lambung USV dibuat dengan bentuk segi empat yang di pasang sejajar antara lambung kanan dan kiri. Lambung USV memiliki ukuran 391,20mm x 272mm dan tinggi *chasis* 79,20mm. Sedangkan panjang antar sumbu roda 312mm.

Mekanisme Adaptive Morphology

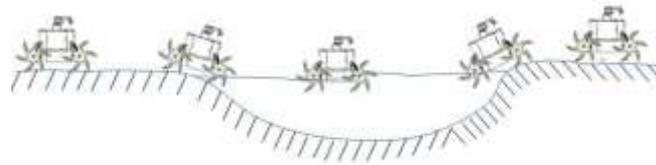
Pada penelitian ini dibuat sebuah prototype USV menggunakan konsep adaptive morphology. Adaptive morphology adalah sebuah metode dimana ada struktur bagian robot yang memiliki beberapa fungsi. Salah satu fungsinya adalah untuk melakukan lebih dari satu macam pergerakan. Pada penelitian ini berfokus pada robot yang dapat bergerak di permukaan air dan darat. Mekanisme yang diterapkan pada USV ini menggunakan mekanisme rowing wheel. Disain mekanisme rowing wheel dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Disain rowing wheel tampak isometric

Mekanisme rowing wheel dirancang untuk memenuhi fungsi multi-modal locomotion pada robot USV, dengan mekanisme *rowing wheel robot* dapat bergerak di dua lingkungan yang berbeda, yaitu permukaan air dan darat. Rowing wheel didisain dengan kombinasi roda dan kaki seperti terlihat pada Gambar 6, sehingga roda dapat digunakan untuk menjelajah di medan terjal. Sebagai penggerak di air, roda dilengkapi dengan sirip pada bagian sisi roda.

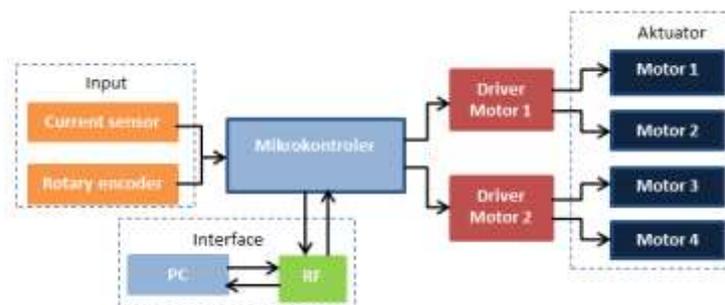
Pada penelitian ini berfokus pada pembuatan robot yang memiliki kemampuan bergerak di permukaan air dan darat dengan *single locomotion*. Roda dipilih sebagai struktur yang memiliki 2 fungsi, yaitu *walk (ground locomotion)* dan *rowing (water surface)*. Robot yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan pergerakan pada dua lingkungan yang berbeda, yaitu darat dan permukaan air. Konsep cara kerja robot dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Konsep cara kerja USV berbasis *Adaptive Morphology*

Sistem Elektronik USV

Perancangan sistem elektronik pada robot USV merupakan bagian penting yang dilakukan untuk mencapai tujuan utama dari penelitian ini. Salah satu tujuannya yaitu sebagai kendali mobilitas robot pada medan tak tentu sesuai nilai referensi yang telah ditentukan. Sistem elektronik dari USV terdiri dari input, kontroler, dan output. Robot USV dikendalikan oleh mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan sensor dan aktuator. Mikrokontroler akan mengatur penerimaan data, pembacaan sensor, pengiriman data melalui serial port dan pembangkit PWM (*pulse Width Modulation*). Sensor yang terintegrasi yaitu sensor *rotary encoder* dan *current sensor*, sedangkan aktuator yang digunakan yaitu 4 buah motor DC.

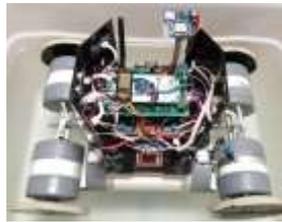


Gambar 8. Blok Diagram Sistem USV

Gambar 8 menunjukkan diagram sistem elektronika yang diterapkan pada USV. Fungsi nilai input dari sensor arus adalah untuk mengetahui daya yang dibutuhkan robot saat beroperasi. Data arus nantinya akan digunakan untuk menghitung berapa lama *life time* baterai ketika dijalankan. *Encoder* yang digunakan pada robot ini sebagai masukan ke kontroler. Nilai *encoder* dikonversi oleh kontroler menjadi nilai posisi dan kecepatan. Setelah kedua nilai tersebut diketahui, selanjutnya kedua nilai ini sebagai acuan untuk kendali posisi dan kecepatan. Tujuan kendali posisi dan kecepatan untuk mengendalikan robot mencapai nilai atau titik lokasi referensi.

Berdasarkan blok diagram pada gambar 8, sistem elektronik dari USV telah dilakukan beberapa realiasi dalam bentuk pembuatan *shield* sekaligus *wiring* sistem

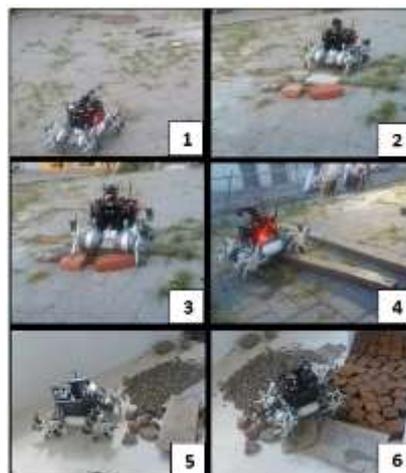
elektronik dari USV, Realisasi perancangan sistem elektronik keseluruhan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Wiring sistem elektronik USV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *ground locomotion* dilakukan untuk mengetahui berbagai parameter pada robot, sebagai contoh kecepatan robot dalam menjelajahi medan, kecepatan pada bidang miring, dan kehandalan robot dalam melakukan *maneuverability*. Selain itu, pengujian ini untuk mengetahui kemampuan robot dalam melewati *obstacle* dengan ukuran kurang dari 5 cm. Kemampuan robot USV untuk bergerak di darat sangat dipengaruhi oleh ketelitian disain mekanik. Kekuatan roda sangat dipertimbangkan dalam pengujian ini, karena medan yang dilalui oleh robot tidak rata dan terdapat *obstacle*. Pemasangan roda ke as penggerak (motor dc) harus presisi dan tegak lurus terhadap as motor. Jika ada kesalahan dalam pemasangan roda akan berpengaruh besar dalam performa robot ketika bergerak. Kekuatan penggerak selain dipengaruhi oleh motor (dalam hal ini digunakan motor dengan torsi 17 kg.cm) juga dipengaruhi oleh dimensi roda. Dokumentasi pengujian *ground locomotion* di beberapa medan dan melewati *obstacle* dilakukan di tempat parkir motor S2 PENS dan lapangan robot disaster Gedung S2 PENS. Dokumentasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengujian Ground Locomotion USV

Hasil pengujian menunjukkan bahwa USV mampu melewati obstacle berupa batu dengan ketinggian 5cm. Dari pengujian ini ditemukan kelemahan pada roda robot, yaitu diameter roda kurang besar, sehingga saat robot melewati obstacle dengan ketinggian lebih dari 3 cm, badan robot nyangkut ke obstacle, dan robot tidak bisa bergerak. Pengujian USV berbasis adaptive morphology dilakukan di danau ITS, tepatnya di depan Graha ITS. Disain hulls dan massa payload yang dibawa USV sangat berpengaruh terhadap daya apung robot USV. Jika terjadi kelebihan beban dari robot itu sendiri (*payload*) dapat mengakibatkan robot tenggelam. Berdasarkan disain mekanik, robot USV memiliki daya angkut (*displacement capacity*) sebesar 3,3 kg. Sedangkan massa payload yang dibawa robot sebesar 2,5 kg, maka dari itu USV memiliki kemampuan untuk mengapung di permukaan air. Motor penggerak USV untuk bergerak di permukaan air sama dengan penggerak ketika USV bergerak di darat. Dokumentasi pengujian dan pengambilan data wahana di permukaan air di danau ITS telah direkam, lalu diambil gambarnya pada momen tertentu dan ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian USV Bergerak di Permukaan Air

Dari pengujian ini dapat dianalisa bahwa dengan berat total 5,5 Kg, lambung USV mampu mengapung di permukaan air hingga setengah dari diameter lambung. Roda USV dapat mendayung air dengan baik, dengan kecepatan putar motor yang pelan, roda dapat menggerakkan USV bergerak maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan. Sistem gerak ketika di permukaan air menggunakan sistem DDMR (*Differential Drive Mobile*

Robot). Ada beberapa kelemahan pada USV saat bergerak di permukaan air. Pertama, penggunaan aktuator yang memiliki rpm kecil membuat USV bergerak dengan pelan. Diameter roda kurang besar, sehingga daya dayung ke air kurang kuat. Dengan disain wheel all terrain yang dibuat, USV mampu melakukan pergerakan dari darat ke air atau sebaliknya secara langsung. Dari hasil perhitungan torsi motor pada USV, bahwa torsi minimal adalah 1,9 kg.cm pada medan permukaan air. Sedangkan torsi maksimal yg dihasilkan adalah 4,12 kg.cm. Torsi yang dihasilkan merupakan torsi dari masing-masing motor.

SIMPULAN

Unmanned Surface Vehicle (USV) yang dibuat pada penelitian ini menggunakan metode *adaptive morphology*, dimana USV memiliki kemampuan untuk bergerak di permukaan air dan darat. USV didisain seperti mobile robot dengan menggunakan 4 roda. Lambung USV dibuat menggunakan pipa (PVC) 3 inchi dan rangka badan USV dari alumunium, sedangkan roda USV terbuat dari teflon yang didesain memiliki struktur all terrain. Disain roda dilengkapi dengan sirip yang berfungsi untuk mendayung ketika bergerak di air. Motor DC *Faulhaber* digunakan untk sistem penggerak di darat maupun di air. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, USV dapat bergerak di darat dan di permukaan air. Sistem gerak yang diterapkan pada USV ini menggunakan sistem *non holonomic* (DDMR). USV juga dapat menjelajah di area yang tidak rata dan dapat melewati obstacle dengan ketinggian kurang dari 5 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Tadokoro, (2009). *Rescue Robotics, DDT Project on Robots and Systems for Urban Search and Rescue*, Springer.
- [2] Ru-jian Y, Shuo P, Han-bing S, Yong-jie P. 2010. Development and Mission of Unmanned Surface Vehicle. *Journal of Marine Science Applied*. 9:451457.doi:10.1007/s11804-010-1033-2.
- [3] R. Murphy, J. Casper, J. Hyams, M. Micire, B. Minten, (2000). "Mobility and Sensing Demand in USAR", *Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation*.
- [4] Kuswadi, S., Tamara, M. N., Sahanas, D. A., Islami, G. I., & Nugroho, S. (2016, November). Adaptive morphology-based design of multi-locomotion flying and crawling robot "PENS-FlyCrawl". In *Knowledge Creation and Intelligent Computing (KCIC), International Conference on* (pp. 80-87). IEEE.
- [5] Z. Lu, T. Aoyama, K. Sekiyama, Y. Hasegawa and T. Fukuda, (2014, October). "Motion transfer control from walking to brachiation through vertical ladder

climbing for a multi-locomotion robot”, *IEEE/ASME Trans. On Mechatronics*, Vol. 19, No 5, pp 1681-1693

- [6] Manley JE. 2008. Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development. *OCEANS 2008*; 2008 Sept 15-18; Quebec City, Canada. Quebec City (CA): IEEE. hlm 1-4.