

Rancang Bangun Sistem Navigasi Robot Hexapod 3 DOF di Ruang Labirin Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Arduino

Ilham Muhammad Sidiq*, Eko Ihsanto, Yuliza

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*ilhamsidik64@gmail.com

Abstrak— Pada era teknologi dan otomasi industri saat ini banyak digunakan robot sebagai alat bantu yang dapat meringankan pekerjaan manusia, sehingga dibutuhkan robot yang memiliki sistem pengendalian yang baik agar pekerjaan yang dilakukan oleh robot tersebut dapat lebih optimal. Perkembangan sistem pengendalian pada robot saat ini cukup pesat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin beragam. Beberapa metode banyak diterapkan pada sistem pengendalian robot secara otomatis. Logika fuzzy merupakan metode yang banyak digunakan dalam navigasi gerak robot. Sehingga pada penelitian ini akan diterapkan metode logika fuzzy dengan tipe Sugeno sebagai sistem navigasi robot hexapod yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino mega dan digunakan lima buah sensor ultrasonik sebagai nilai inputan jarak, dan menggunakan servo motor controller 32 channel yang digunakan untuk mengontrol 18 servo untuk menggerakkan robot baik maju, belok kanan, dan kiri dan juga membantu meringkas kabel yang terhubung ke arduino, codingan motor servo yang mudah yang dimana hanya memanggil perintah serial ke arduino mega. Dalam hal ini logika fuzzy diterapkan untuk mengatur delay yang bisa mengatur speed robot hexapod ini ketika berhadapan tembok dekat maka berjalan lambat dan jauh dari tembok maka berjalan cepat. Sehingga dapat menghindari halangan yang berada dengan baik.

Kata Kunci— Robot Hexapod, Navigasi, Logika fuzzy, Fuzzy Sugeno.

DOI: 10.22441/jte.2020.v11i3.004

I. PENDAHULUAN

Pada era modern ini perkembangan teknologi robot berkembang dengan pesat. Robot telah masuk dalam berbagai segi kehidupan manusia, mulai dari robot rumah tangga sampai dalam dunia industri. Dengan kemajuan tersebut tak terlepas oleh peran artificial intelligence atau disebut kecerdasan buatan yang membantu perkembangan dalam sistem dunia robotika masa kini. Pemanfaatan sistem ini digunakan dalam hal pergerakan robot, pengindraan robot, dan berfikir layaknya manusia. Kecerdasan buatan memiliki cabang yaitu : sistem pakar (expert System), jaringan syaraf tiruan (artificial neural network), logika fuzzy (Fuzzy Logic), algoritma genetic, dll. Robot terdiri dari tiga bagian utama, yaitu : Programming, electrical, dan Mechanical. Bagian mechanical robot mencakup segala komponen yang bersifat Non-Electrical yang berfungsi sebagai rangka robot, bagian electrical robot mencakup segala komponen electrical dan bagian programming merupakan suatu

perangkat lunak yang berisi perintah-perintah dalam bahasa mesin untuk mengontrol robot itu sendiri.

Jenis robot beraneka ragam, yaitu : Robot beroda, robot berkaki, robot manipulator, robot humanoid, robot terbang, robot animaloid, dll. Robot – robot tersebut juga dibuat dengan berbagai fungsi, yaitu : Pendidikan, kesehatan, rumah tangga, penyelamat, industri, dll. Dengan melihat hal tersebut, teknologi robot mempunyai perkembangan yang akan terus berkembang dan menjadi teknologi masa depan.

Oleh karena itu pada penelitian ini dirancangnya sebuah robot berkaki enam dengan 3 sudut kebebasan (Hexapod 3DOF) menggunakan algoritma Fuzzy Sugeno yang dilengkapi dengan 5 buah sensor ultrasonik yang berfungsi mengidentifikasi halangan / benda yang berada disekitar robot dan bergerak menggunakan algoritma Fuzzy Sugeno yang telah deprogram ke robot sehingga dapat bernavigasi dengan baik dalam sebuah labirin.

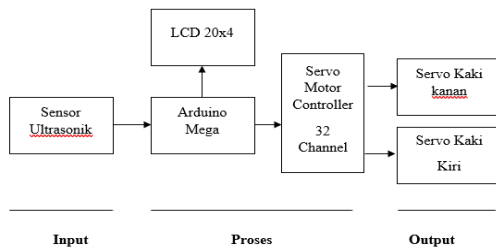
II. PENELITIAN TERKAIT

Pada penelitian [1] menganalisis Analisis Algoritma Untuk Mengidentifikasi Ruang Pada Map KRPAI Menggunakan Logika Fuzzy, sama halnya seperti [2] [5], namun [3] [4] diterapkan untuk mengikuti dinding dan [14] menggunakan PID sebagai kontrolnya. Sedangkan [6] untuk navigasi gerak robot dengan Lawn Mower. Sistem fuzzy juga diterapkan oleh [7] pada robot beroda dan juga pada robot berkaki yang menggunakan perhitungan kinematik [8][15] dan dinamik [9]. Selain itu fuzzy juga diterapkan pada robot jari [10] dan Quadrupped Robot [12] yang pergerakannya juga menggunakan kinematik. Pada [11] [13] peneliti mengacu pada sistem fuzzy yang digunakan untuk pemadaman api di kebakaran hutan dan robot otomatis penghindar halangan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan membahas mengenai proses perancangan alat dan sistem secara perangkat keras dan perangkat lunak untuk merealisasikan dalam pembuatan robot hexapod ini. Robot hexapod ini akan disusun dari beberapa unit yang membentuk sistem yang saling mendukung satu dengan yang lain.

A. Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram Hexapod

B. Sistem Fuzzy

Himpunan fuzzy ultrasonik digunakan pada proses fuzzifikasi sedangkan himpunan fuzzy kecepatan robot digunakan pada proses defuzzifikasi. Himpunan ultrasonik dibangun dengan representasi segitiga. Himpunan fuzzy dibagi menjadi tiga, yaitu : himpunan sensor kiri kanan, himpunan sensor serong kiri kanan dan himpunan sensor depan.

Tabel 1. Himpunan Sensor Kiri dan Kanan

Jarak (cm)	Variable Linguistik
1 sampai 15	Dekat
13 sampai 25	Sedang
23 sampai 30	Jauh

Tabel 2. Himpunan Sensor Serong Kiri dan Kanan

Jarak (cm)	Variable Linguistik
1 sampai 20	Dekat
18 sampai 36	Sedang
34 sampai 40	Jauh

Tabel 3. Himpunan Sensor Depan

Jarak (cm)	Variable Linguistik
1 sampai 18	Dekat
16 sampai 34	Sedang
32 sampai 40	Jauh

Himpunan fuzzy untuk kecepatan robot dirancang dengan representasi singleton. Terdapat empat level pada kecepatan robot yaitu Cepat, Sedang, dan Lambat. Himpunan ini dibuat berdasarkan hasil pengamatan penulis pada lingkungan tertentu. Berikut gambar himpunan fuzzy status kecepatan robot.

Tabel 4. Keluaran Kecepatan

Variable Linguistik	Nilai Crisp (Delay)
Cepat	50
Sedang	100
Lambat	300

C. Aturan FIS Sugeno

Aturan pada FIS Sugeno digunakan sebagai penalaran sehingga data masukan sensor dapat disimpulkan menjadi suatu informasi. Jumlah aturan pada FIS Sugeno merujuk pada

jumlah himpunan dan variabel. Saya membuat lima belas aturan pada FIS Sugeno. Aturan tersusun oleh anteseden dan konsekuen. Anteseden merupakan frasa yang dibangun berdasarkan lima himpunan fuzzy yaitu ultrasonik depan, kanan, kiri, kanan serong dan kiri serong. Konsekuen merupakan jawaban untuk frasa anteseden berdasarkan himpunan kecepatan robot. Berikut tabel evaluasi aturan FIS Sugeno.

Tabel 5. Aturan Fuzzy

No	Ultrasonik		Kecepatan	Gerak
1	Kanan == Dekat	Kanan Serong == Dekat	Cepat	Maju
2	Kanan == Dekat	Depan == Jauh	Cepat	Maju
3	Kanan == Dekat	Depan == Sedang	Sedang	Maju
4	Kanan == Dekat	Depan == Dekat	Lambat	Kiri
5	Depan == Dekat	Kanan Serong == Dekat	Lambat	Kiri
6	Kanan == Sedang	Kanan Serong == Jauh	Sedang	Kanan
7	Kanan == Jauh	Kanan Serong == Jauh	Cepat	Maju
8	Kanan == Sedang	Kiri == Sedang	Cepat	Maju
9	Kiri == Sedang	Kiri Serong == Sedang	Cepat	Maju
10	Kiri == Sedang	Depan == Dekat	Lambat	Kanan

D. Perhitungan Rule Fuzzy Sugeno

Pada posisi home, diambil nilai masing-masing sensor untuk menghitung rule fuzzy yaitu

Tabel 6 Nilai Sensor Robot Posisi Home

No	Sensor Ultrasonik	Jarak
1	Sensor Kanan	9 cm
2	Sensor Kanan Serong	17 cm
3	Sensor Depan	42 cm
4	Sensor Kiri Serong	46 cm
5	Sensor kiri	33 cm

Maka perhitungan FIS Sugeno adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan Sugeno

Rule Pertama	Rule Kedua
$\alpha_1 = \min(1 . 1) = 1$	$\alpha_2 = \min(1 . 0) = 0$
$Z_1 = 1 * 100 = 100$	$Z_2 = 0 * 50 = 0$
Rule Ketiga	Rule Keempat
$\alpha_3 = \min(1 . 0) = 0$	$\alpha_4 = \min(1 . 0) = 0$
$Z_3 = 0 * 100 = 0$	$Z_4 = 0 * 300 = 0$
Rule Kelima	Rule Keenam
$\alpha_5 = \min(0 . 0) = 0$	$\alpha_6 = \min(0 . 0) = 0$
$Z_5 = 0 * 300 = 0$	$Z_6 = 0 * 100 = 0$
Rule Ketujuh	Rule Kedelapan
$\alpha_7 = \min(0 . 0) = 0$	$\alpha_8 = \min(0 . 0) = 0$
$Z_7 = 0 * 100 = 0$	$Z_8 = 0 * 50 = 0$
Rule Kesembilan	Rule Kesepuluh
$\alpha_9 = \min(0 . 0) = 0$	$\alpha_{10} = \min(0 . 0) = 0$
$Z_9 = 0 * 50 = 0$	$Z_{10} = 0 * 300 = 0$

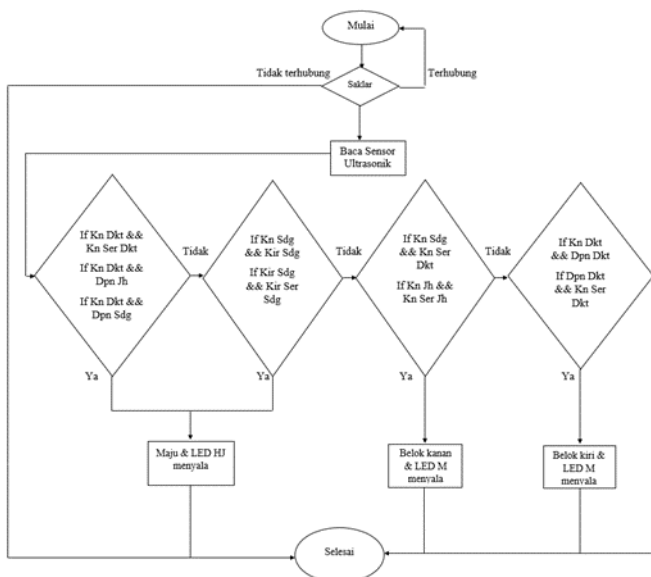
E. Perhitungan Rule Fuzzy Sugeno

Hasil Defuzzifikasi pada sistem navigasi robot hexapod yang menggunakan lima buah sensor ultrasonik dengan melihat pengukuran sensor ultrasonik pada menu serial monitor pada arduino IDE. Berdasarkan perhitungan seluruh aturan secara manual. Maka hasil perhitungan Defuzzifikasi pada lima sensor ultrasonik ketika robot di posisi home adalah :

$$Z = \frac{100+0+0+0+0+0+0+0+0}{1+0+0+0+0+0+0+0+0} = 100 \text{ (kecepatan)} \quad (1)$$

Dari hasil defuzzifikasi berupa nilai ouput dari fuzzy dimanfaatkan untuk speed robot hexapod dalam menyusuri labirin.

F. Flowchart



Gambar. 2 Flowchart Navigasi Robot

IV. HASIL DAN ANALISA

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau deskriptif. Analisis dan interpretasi hasil ini diperlukan sebelum dibahas.



Gambar 5. Membaca Fall Following

Posisi awal robot berada di area ruangan yang memposisikan robot berada disebelah kiri tembok atau posisi sensor ultrasonik kanan dan serong kanan terhalang oleh dinding. Kaidah wall

following right terjadi ketika sensor yang bagian kanan terhalang tembok dan sensor depan membaca sedang maka robot akan berjalan maju sedang dan LED hijau menyala. Fuzzy rule untuk Kanan_Dkt(<= 15 cm) && Depan_Sdg (<= 20 cm) atau Kanan_Dkt (<= 15 cm) && KananSer_Dkt (<= 20 cm) diberlakukan.



Gambar 6. Robot Belok Kiri

Pada gambar 6 robot berbelok kiri ketika sensor kanan membaca dekat (<=15 cm) dan sensor depan membaca dekat (<=18 cm) yang membaca halangan di depan dan di kanan. Sehingga lampu LED merah menyala untuk memberi indikator robot membelok ke kiri.



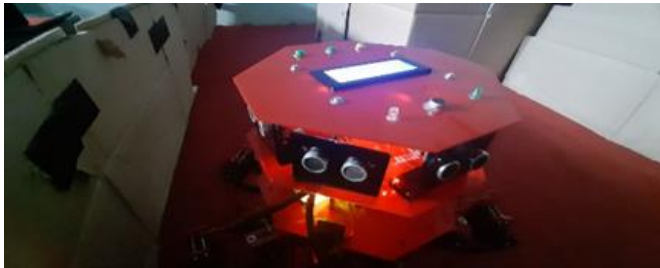
Gambar 7. Robot Keluar dari Ruangan dan Berhadapan dengan Tembok

Pada gambar 7 saat robot telah berhasil keluar ruangan maka akan berhadapan dengan tembok. Maka sensor depan membaca dekat (<=18cm) dan sensor kanan membaca dekat (<=15cm) maka robot akan belok kekiri dan indikator LED merah menyala.



Gambar 8. Robot berada dilorong

Pada gambar 8 robot sedang berada dilorong maka sensor kanan membaca sedang ($\leq 18\text{cm}$) dan kiri membaca sedang ($\leq 18\text{cm}$) maka robot bergerak maju dan lampu LED hijau menyala



Gambar 9. Robot Berhadapan di Sudut Tembok

Gambar 9 menunjukkan robot sedang berhadapan dengan sudut tembok sehingga sensor depan, sensor kanan dan kanan serong membaca jarak dekat ($\leq 20\text{ cm}$) maka robot akan belok ke kiri dan indikator LED merah menyala.



Gambar 10. Robot Bergerak Maju dan Mengikuti Kanan Tembok

Robot sedang membaca jarak depan yang jauh ($\geq 20\text{ cm}$) dan sensor kanan membaca dekat ($\leq 15\text{cm}$) maka robot akan bergerak maju dan lampu LED hijau menyala hingga berhadapan tembok didepan.



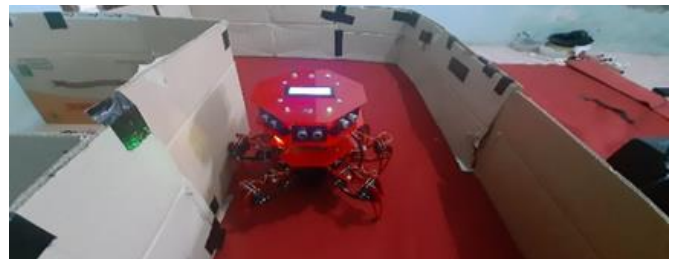
Gambar 11. Robot Bergerak Maju

Pada gambar 11 robot telah berhasil melewati halangan didepan dan dalam posisi bergerak maju dan akan berhadapan tembok lagi. Sensor kanan membaca dekat ($\leq 15\text{cm}$) dan sensor depan membaca sedang ($\geq 25\text{cm}$).



Gambar 12. Robot Bergerak Maju

Pada gambar 12 robot bergerak maju setelah berhadapan dengan tembok. Sensor yang terbaca adalah sensor kanan membaca dekat, sensor kanan serong membaca jauh dan sensor depan membaca sedang.



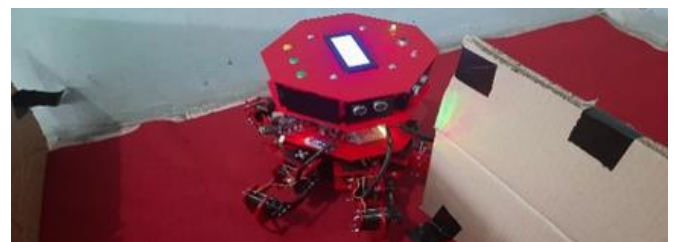
Gambar 13. Robot Bergerak Maju Membaca Tembok Kanan

Pada gambar 13 robot sedang berjalan maju dan LED hijau menyala. Sensor aktif membaca adalah sensor kanan membaca dekat, sensor kiri membaca sedang dan sensor kanan serong membaca dekat sehingga robot bergerak maju.



Gambar 14. Robot Berhadapan Dengan Tembok

Pada gambar 14 posisi robot berhadapan dengan tembok. Sensor yang aktif membaca yaitu sensor kiri membaca dekat, sensor kiri serong membaca dekat dan sensor depan membaca dekat sehingga robot belok ke kiri dan lampu LED merah menyala.



Gambar 15. Robot Bergerak Maju

Pada gambar 15 robot bergerak maju karena sensor kanan membaca jauh, sensor kanan serong membaca jauh, dan sensor depan membaca jauh sehingga robot bergerak maju dan lampu LED hijau menyala. Akan tetapi dalam uji coba ini sering

terkendala dengan menyangkutnya kaki ketika akan memasuki ruangan home.

V. KESIMPULAN

Pada simulasi robot berjalan menggunakan metode wall following right dengan sempurna. Saat robot tidak membaca tembok sebelah kanan terjadi gangguan yang membuat robot tidak berjalan sempurna karena jika sensor kanan dan kanan serong membaca jauh maka robot akan belok kekanan itu terjadi ketika keluar dari ruang kedua menuju lorong dan saat kembali memasuki ruangan home. Teknik navigasi untuk kecepatan robot menggunakan fuzzy sugeno memiliki hasil yang cukup memuaskan. Perhitungan FIS Sugeno pada masing-masing sensor ultrasonik memiliki hasil yang akurat yang berdampak pada kecepatan robot hexapod. Dari 10 kali percobaan robot berhasil mengikuti dinding sebanyak 8 kali dan berhasil melewati halangan dinding sebanyak 7 kali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Siswanto. Analisis Algoritma Untuk Mengidentifikasi Ruang Pada Map KRPAl Menggunakan Logika Fuzzy. 2019
- [2] H. Wicaksono. Fuzzy Sebagai Kontrol Navigasi Robot. 2015
- [3] G. Dewantoro., D. Susilo and P. P. Adi. Implementasi Pengendali Logika Fuzzy Pada Navigasi Robot Penjejak Dinding. 2017
- [4] A. Riani and Y. Hasyim. Implementasi Sistem Navigasi Robot Wall Following Dengan Metode Fuzzy Logic Untuk Robot Pemadam Api Divisi Berkaki ONIX IIPADA KRPAl Tahun 2017.
- [5] Husnawati. Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Sebagai Sistem Navigasi Robot Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor Ultrasonik. 2018
- [6] S. Muslimin., R. Maulidda., Y. Wijanarko and P. D. Sari. Sistem Navigasi Gerak Robot Lawn Mower Menggunakan Pengendali Fuzzy Logic. 2019
- [7] J. C. Kim and D. Chwa, D. Obstacle Avoidance Method for Wheeled Mobile Robots Using Interval Type-2 Fuzzy Neural Network. 2015
- [8] L. Qingsheng and J. Andika, "Analysis of Kinematic for Legs of a Hexapod Using Denavit-Hartenberg Convention," *Sinergi*, vol. 22, no. 2, p. 69, 2018, doi: 10.22441/sinergi.2018.2.001.
- [9] H. Su, S. S. Ge., S. Xiao and Z. Li. Constrained Multilegged Robot System Modeling and Fuzzy Control With Uncertain Kinematics and Dynamics Incorporating Foot Force Optimization. 2015
- [10] P. Shi., L. Hongyi and Q. Zhou. Decentralized Adaptive Fuzzy Tracking Control for Robot Finger Dynamics. 2015
- [11] R. Hermawan, R. Sistem Pemantauan Status Kebakaran Hutan Dengan Logika Fuzzy Sugeno Berbasis Wireless Sensor Network. 2019
- [12] A. Nugroho. Rancang Bangun Robot Quadruped Berbasis Arduino. 2017
- [13] A. Suherman. Robot Otomatis Penghindar Rintangan Dan Pencarian Target Berupa Api. 2016
- [14] S. H. Purnama. Implementasi PID Wall Following Pada Robot Hexapod Untuk Kontes Robot Pemadam Api Indonesia. 2017
- [15] J. Andika and K. S. Salamah, "Analisis Kinematik Pada Robot Hexapod," *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 9, no. 2, pp. 83-91, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v9i2.4072>.