



Desain *Fuzzy Logic Controller* Untuk Pengendali Pergerakan *Mobile Manipulator*

Putri Repina Kesuma¹, Tresna Dewi², RD Kusumanto³, Pola Risma⁴, Yurni Oktarina⁵

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

²tresna_dewi@polsri.co.id*

Abstract

Technology is developing more and more to facilitate human life. Technology enables automation in all areas of life, and robots are among the most frequently used machines in automation. Robots can help with human work in all fields, including agriculture. A mobile robot manipulator is a combination of a robot arm and a mobile robot so that this type of robot can combine the capabilities of the two robots. This paper discusses the design of a robot manipulator to be used in agriculture to replace farmers in the harvesting of agricultural products, such as tomatoes. This paper presents a mechanical, electrical design and uses the Fuzzy Logic Controller as artificial intelligence. The feasibility of the proposed method is demonstrated by simulation in Mobotsim.

Keywords: Mobile Manipulator, Mobile Robot, Fuzzy Logic.

Abstrak

Teknologi semakin berkembang untuk memudahkan kehidupan manusia. Teknologi memungkinkan otomatisasi diseluruh bidang kehidupan, dan salah satu mesin yang paling sering digunakan dalam otomasi adalah robot. Robot dapat membantu pekerjaan manusia di semua bidang, termasuk bidang pertanian. Mobile robot manipulator adalah gabungan antara arm robot dan mobile robot, sehingga robot jenis ini mampu menggabungkan kemampuan dua robot tersebut. Paper ini membahas desain robot manipulator yang akan diaplikasikan pada bidang pertanian untuk menggantikan petani dalam memanen produk pertanian, contohnya buat tomat. Paper ini menyajikan desain mekanis, elektris, dan mengaplikasikan Fuzzy Logic Controller sebagai kecerdasan buatan. Untuk membuktikan efektivitas metode yang disajikan pada paper ini, maka dilakukan simulasi dengan program Mobotsim.

Kata kunci: Mobile Manipulator, Mobile Robot, Fuzzy Logic

Diterima Redaksi : 01-06-2020 | Selesai Revisi : 09-06-2020 | Diterbitkan Online : 30-06-2020

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin berkembang, salah satunya ditandai dengan banyaknya alat-alat yang diciptakan dan dikendalikan secara otomatis. Peralatan otomatis ini banyak digunakan manusia untuk membantu dalam meringankan pekerjaan mereka. Salah satu contoh alat yang dapat meringankan pekerjaan manusia adalah robot. Robot merupakan alat yang dapat membantu manusia dalam mengerjakan pekerjaan yang sulit dijangkau manusia dan dapat mempercepat waktu proses pengerjaannya. Salah satu jenis robot yang dapat digunakan adalah robot *mobile manipulator*. Robot

mobile manipulator merupakan gabungan antara *mobile robot* dan robot manipulator atau *arm robot*. *Mobile robot* merupakan jenis robot yang dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lain, sedangkan robot manipulator atau *arm robot* merupakan jenis robot yang dapat mengambil dan memindahkan benda atau barang tetapi tidak dapat berpindah tempat [1-7]. Sehingga, robot *mobile manipulator* berfungsi sebagai robot yang mengambil benda dan dapat memindahkan benda tersebut dari satu tempat ke tempat lain. Robot ini juga banyak digunakan pada bidang industri salah satunya adalah industri pertanian. Sebagai contohnya, yaitu untuk memetik buah dan mengambil serta membawa buah tersebut ke tempat yang telah disediakan [8-10].

Dalam perancangan sebuah robot, salah satu komponen yang banyak digunakan adalah sensor. Sensor ini digunakan sebagai *input* pada sebuah robot. Pada jurnal kali ini menggunakan sensor jarak dan *camera*. Sensor jarak digunakan pada *mobile robot* dan *end effector* agar dapat mendeteksi jarak antara robot dan benda. Sedangkan, *camera* digunakan sebagai pendeteksi warna pada benda.

Selain sensor yang digunakan sebagai *input*, robot juga membutuhkan metode yang dapat membantu robot dalam melakukan pergerakan. Metode untuk kendali gerak robot yang banyak digunakan yaitu, *fuzzy logic* [11-17], *Neural network* [18-24] dan *Genetic Algorithm* [25]. *Output* dari sensor ini yang digunakan sebagai *input* pada *fuzzy logic*. Tujuan digunakannya *fuzzy logic* pada robot adalah agar robot dapat mengambil keputusan yang cerdas dan bergerak sesuai dengan yang diinginkan [11-17].

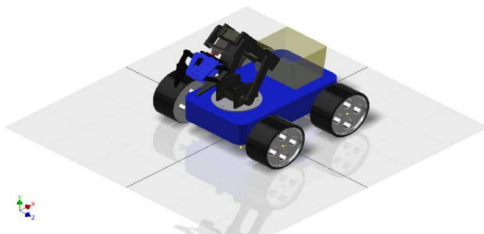
Paper ini membahas desain robot manipulator yang akan diaplikasikan pada bidang pertanian untuk menggantikan petani dalam memanen produk pertanian, contohnya buah tomat. Paper ini menyajikan desain mekanis, elektrik, dan mengaplikasikan Fuzzy Logic Controller sebagai kecerdasan buatan. Untuk membuktikan efektivitas metode yang disajikan pada paper ini, maka dilakukan simulasi dengan program Mobotsim.

2. Metode Penelitian

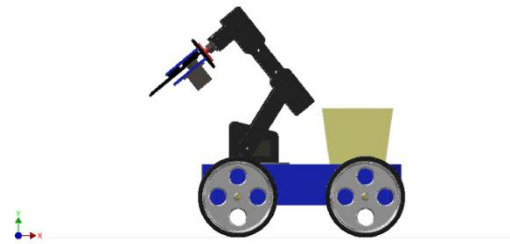
Untuk mendapatkan hasil yang baik dan sesuai dengan yang direncanakan, ada beberapa tahapan yang dilakukan dari metode *fuzzy logic* dalam mengontrol gerak robot. Mulai dari penentuan *input* dan *output* yang digunakan, yaitu sensor jarak kemudian penentuan nilai *range* pada tabel *rules* dan pergerakan robot dari hasil deteksi *input* yang digunakan.

2.1. Design Mekanik

Design mekanis robot *mobile manipulator* terdapat pada gambar berikut;



Gambar 1. Tampak Keseluruhan Robot *Mobile Manipulator*



Gambar 2. Tampak Samping Robot *Mobile Manipulator*



Gambar 3. Tampak Belakang Robot *Mobile Manipulator*

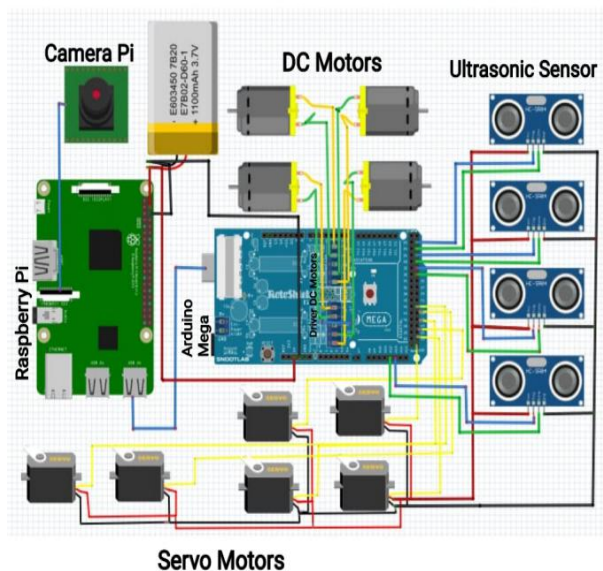
Dari gambar *design* mekanik tersebut dapat dilihat bahwa roda yang digunakan pada robot termasuk roda yang berdiameter cukup besar, hal ini dikarenakan agar robot lebih leluasa untuk bergerak di tanah/kebun, sehingga robot dapat membawa buah/sayur yang telah dipetik dan meletakkannya di keranjang yang terdapat pada bagian belakang robot (Gambar 3), serta membawanya ke tempat yang telah ditentukan.

2.2. Design Elektrik

Gambar 5 menunjukkan *design* elektrik atau skematik rangkaian dari robot *mobile manipulator*. Pada *design*

elektrik tersebut komponen yang digunakan yaitu; sensor jarak, *camera Pi*, *Raspberry Pi*, Baterai Lippo, Arduino Mega, Motor *Servo*, *Driver Motor* (Modul l293d) dan Motor DC. Baterai lippo pada rangkaian

digunakan sebagai sumber atau *power supply*. Pada saat *camera* mendeteksi buah dan akan diproses di *Raspberry Pi* serta sensor jarak yang terdapat pada *end effector* terdeteksi dekat, maka motor DC akan berhenti dan yang bergerak adalah motor *servo* nya yaitu untuk mengambil buah dan meletakkannya pada keranjang yang ada pada robot. Kemudian, apabila sensor jarak mendeteksi sedang atau jauh dan *camera* tidak mendeteksi warna maka motor *servo* akan diam dan motor DC akan terus bergerak hingga mendekati objek atau *camera* mendeteksi warna buah yang ditentukan.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Mobile Manipulator

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Design Fuzzy Logic

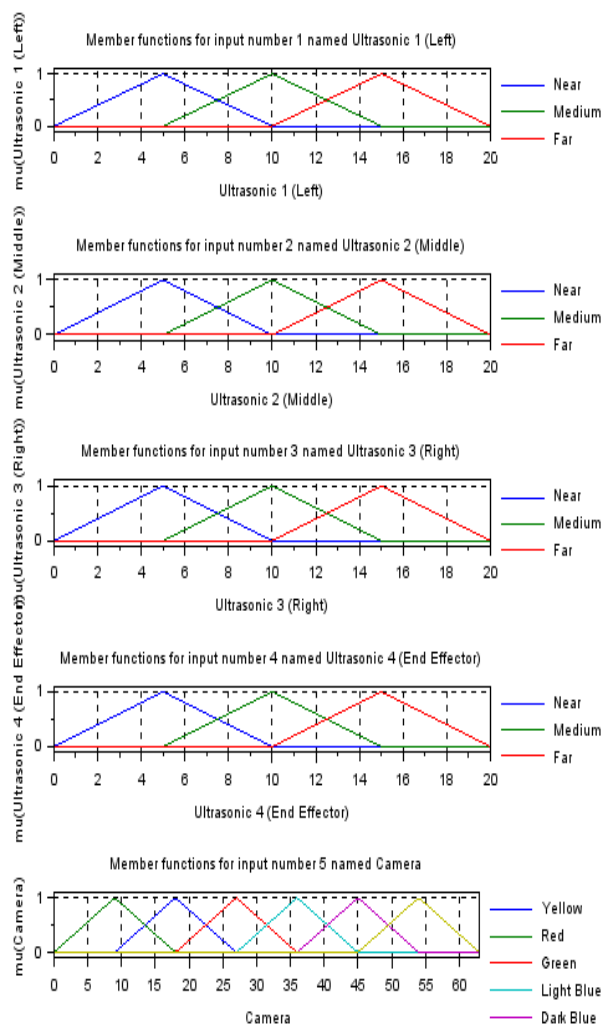
Fuzzy logic digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang dinyatakan dengan menggunakan *linguistic* (ilmu bahasa). Contohnya yaitu dengan besaran kecepatan suatu kendaraan yang dinyatakan dengan stop, lambat, sedang dan cepat. Dalam hal ini *fuzzy logic* menunjukkan sejauh mana suatu nilai dapat dikatakan benar atau salah. Tidak seperti logika klasik atau tegas yang hanya mempunyai dua kemungkinan cepat atau lambat, *fuzzy logic* mempunyai kemungkinan yang lebih banyak. Oleh sebab itu *fuzzy logic* dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah dalam waktu yang bersamaan [4].

Simulasi yang digunakan untuk perancangan *fuzzy logic* pada paper ini adalah aplikasi *Scilab* [7]. Ada

beberapa metode dalam mempresentasikan hasil dari *fuzzy logic* yaitu Sugeno, Tsukamoto dan Mamdani. Pada paper ini metode yang digunakan adalah metode Mamdani dengan bentuk kurva tringular. Jumlah

membership input nya adalah 4 sensor dan 1 kamera, sedangkan jumlah *membership output* nya adalah 8 *output* yang berupa 2 motor pada *mobile robot* dan 6

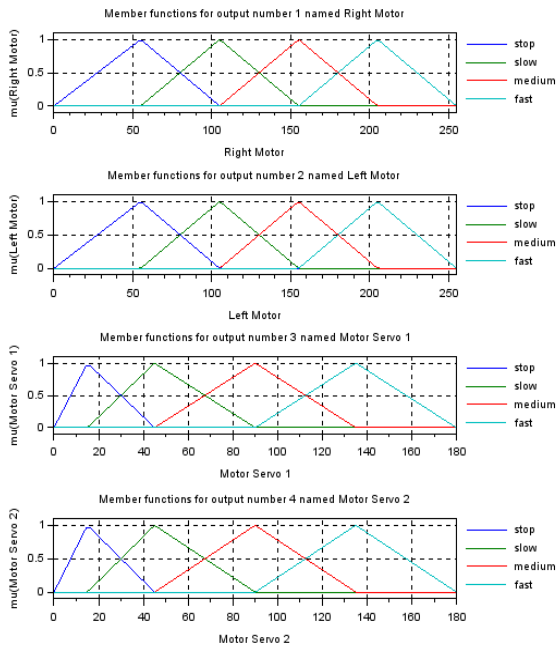
motor *servo* pada *arm robot*. Gambar kurva *membership function input* dapat dilihat pada Gambar 5.



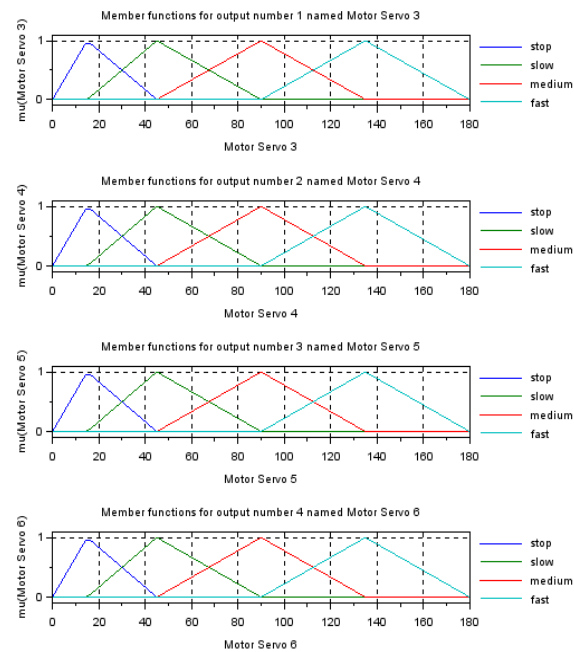
Gambar 5. Member Functions for Input

Pada Gambar 5 tersebut merupakan bentuk kurva dari *input* 4 sensor jarak dan 1 *camera*. Pada Gambar 5 ini juga terdapat variabel linguistik yang berupa kata/kalimat dan himpunan *fuzzy* yang berupa angka [16]-[19]. Sensor jarak atau *ultrasonic* mempunyai tiga variabel linguistik dengan himpunan *fuzzy* yaitu; *Near* (0-10), *Medium* (5-15) dan *Far* (10-20). Untuk *camera* mempunyai enam variabel linguistik dengan himpunan *fuzzy* yaitu; *Yellow* (9-27), *Red* (0-18), *Green* (18-36), *Light Blue* (27-45), *Dark Blue* (36-54) dan *Pink* (45-63).

Gambar kurva *membership function output* terdapat pada Gambar 6a dan Gambar 6b, gambar *membership function output* terbagi menjadi dua gambar dikarenakan jumlah *output* yang banyak dan agar grafik dapat terlihat dengan jelas.



Gambar 6a. Member Functions for Output



Gambar 6b. Member Functions for Output

Pada Gambar 7a dan Gambar 7b merupakan bentuk kurva dari *membership function output* yang terdiri dari 2 motor DC dan 6 motor *servo*. Motor DC mempunyai empat variabel linguistik dengan himpunan *fuzzy* yaitu; *stop* (0-105), *slow* (55-155), *medium* (105-205) dan *fast* (155-255). Untuk motor *servo* juga mempunyai empat variabel linguistik dengan himpunan *fuzzy* yaitu; *stop* (0-45), *slow* (15-90), *medium* (45-135) dan *fast* (90-180).

Setelah menentukan *membership function input* dan *membership function output*, selanjutnya adalah membuat *rules* seperti pada Tabel 1. *Rules* tersebut menjelaskan bahwa pada saat robot berjalan dan *camera* mendeteksi adanya buah, maka *mobile robot* akan berhenti dan *arm robot* akan bergerak mengambil buah serta memindahkan buah tersebut. Setelah *arm robot* kembali ke posisi semula, maka *mobile robot* akan bergerak lagi. Warna yang dideteksi oleh *camera* adalah warna *Yellow*. Apabila *camera* tidak mendeteksi warna *Yellow* maka *arm robot* akan diam dan *mobile robot* tetap bergerak.

Tabel 1. Rules pada Robot Mobile Manipulator

Input		Output											Keterangan Mobile Robot	
Ultrasonic 1 (Left)	Ultrasonic 2 (Middle)	Ultrasonic 3 (Right)	Ultrasonic 4 (End Effector)	Camera	Right Motor	Left Motor	Motor Servo 1	Motor Servo 2	Motor Servo 3	Motor Servo 4	Motor Servo 5	Motor Servo 6		
Near	Near	Near	Near	Yellow	stop	stop	slow	slow	slow	slow	slow	slow	slow	berhenti
Medium	Near	Near	Medium	Yellow	stop	stop	medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium	berhenti
Far	Near	Near	Far	Yellow	stop	stop	fast	fast	fast	fast	fast	fast	fast	berhenti
Near	Medium	Near	Near	Red	slow	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Medium	Medium	Near	Medium	Red	slow	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	serong kanan
Far	Medium	Near	Far	Red	slow	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kanan
Near	Far	Near	Near	Green	slow	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Medium	Far	Near	Medium	Green	slow	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	serong kanan
Far	Far	Near	Far	Green	slow	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kanan
Near	Near	Medium	Near	Light Blue	medium	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	serong kiri
Medium	Near	Medium	Medium	Light Blue	medium	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Far	Near	Medium	Far	Light Blue	slow	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kanan
Near	Medium	Medium	Near	Dark Blue	medium	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	serong kiri
Medium	Medium	Medium	Medium	Dark Blue	medium	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Far	Medium	Medium	Far	Dark Blue	medium	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kanan
Near	Far	Medium	Near	Pink	medium	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	serong kiri
Medium	Far	Medium	Medium	Pink	medium	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Far	Far	Medium	Far	Pink	medium	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kanan
Near	Near	Far	Near	Yellow	stop	stop	slow	slow	slow	slow	slow	slow	slow	berhenti
Medium	Near	Far	Medium	Yellow	stop	stop	medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium	berhenti
Far	Near	Far	Far	Yellow	stop	stop	fast	fast	fast	fast	fast	fast	fast	berhenti
Near	Medium	Far	Near	Red	medium	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	serong kiri
Medium	Medium	Far	Medium	Red	medium	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Far	Medium	Far	Far	Red	fast	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju
Near	Far	Far	Near	Green	fast	slow	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kiri
Medium	Far	Far	Medium	Green	fast	medium	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	belok kiri
Far	Far	Far	Far	Green	fast	fast	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop	maju

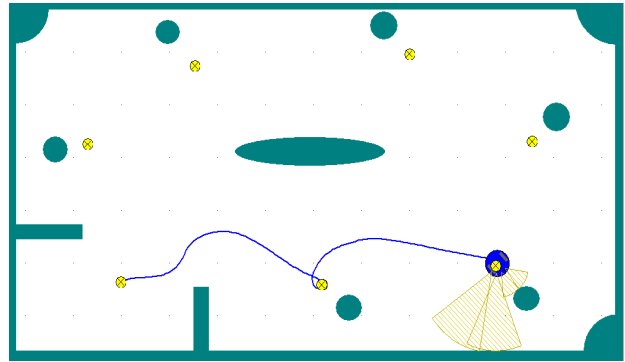
3.2 Design Mobotsim

Perancangan *mobile manipulator* ini juga disimulasikan dengan menggunakan aplikasi Mobotsim[8]. Aplikasi mobotsim ini dapat menunjukkan lintasan robot selama robot bergerak dari titik *start* hingga kembali ke titik *start* lagi [10]. Dimana bulatan yang terdapat didekat target diibaratkan sebagai pohon dan targetnya adalah

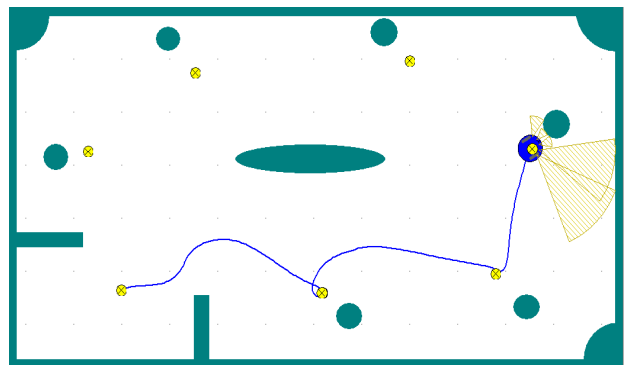
buah yang harus diambil oleh robot. Simulasi robot dimulai dari titik *start* kemudian mencapai target dan berhenti sejenak, lalu berjalan ke target selanjutnya dan seterusnya hingga target selesai dan robot kembali ke posisi *start* awal.

Pada Gambar 7 robot berada pada titik *start*. Kemudian pada gambar 8(a) *mobile robot* berjalan dan mencapai target pertama, disini robot berhenti sejenak sebagai tanda bahwa *arm robot* sedang mengambil buah dan memasukkannya ke keranjang. Setelah *arm robot* kembali ke posisi awal, *mobile robot* bergerak kembali ke target kedua, seperti pada gambar 8(b) dan berhenti sejenak lagi untuk mengambil buah yang telah dipetik sebelumnya dan memasukkannya ke keranjang. Setelah *arm robot* kembali ke posisi awal, *mobile robot* bergerak kembali ke target berikutnya seperti pada gambar 8(c). Begitu seterusnya hingga gambar 8(d), gambar 8(e) sampai pada target terakhir yaitu gambar 8(f).

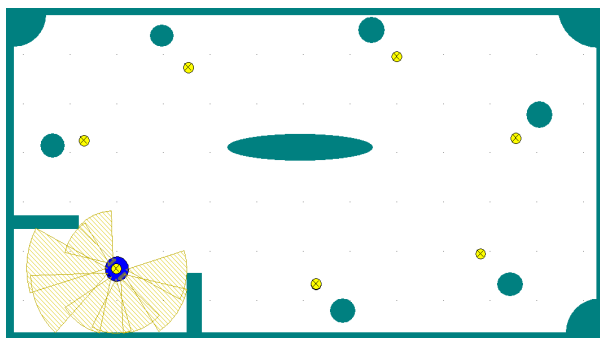
Pada Gambar 9 ini *mobile robot* bergerak kembali ke posisi *Start* awal. Selama robot bergerak dari posisi *Start* hingga mencapai setiap target dan kembali ke posisi *Start* lagi, *mobile robot* bergerak dengan menghindari penghalang yang terdeteksi oleh sensor jarak dan mendekati target dengan deteksi warna oleh *camera* yang terdapat pada *end effector arm robot*.



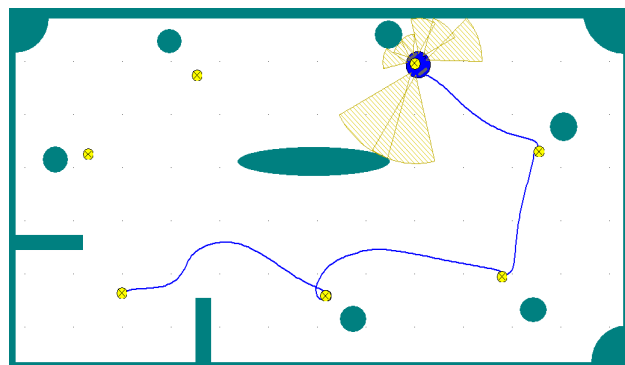
Gambar 8b. Robot pada Target Kedua



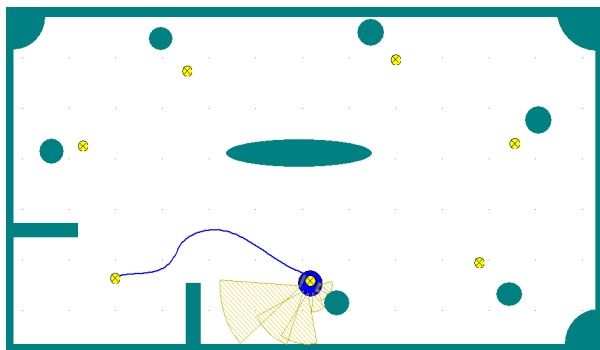
Gambar 8c. Robot pada Target Ketiga



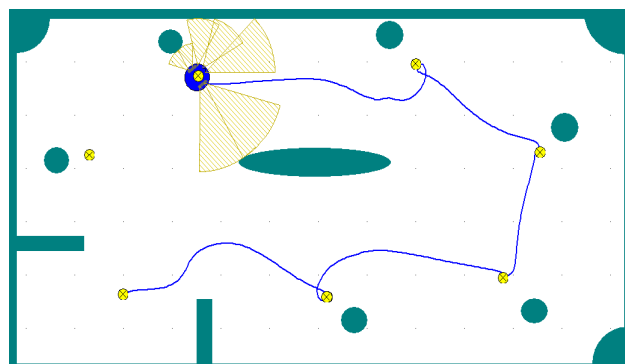
Gambar 7. Robot di Titik Start



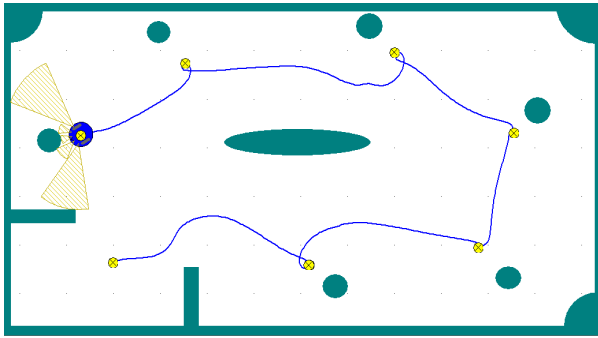
Gambar 8d. Robot pada Target Keempat



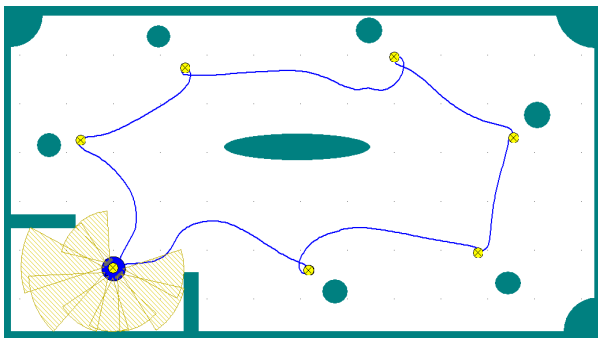
Gambar 8a. Robot pada Target Pertama



Gambar 8e. Robot pada Target Kelima



Gambar 8f. Robot pada Target Keenam



Gambar 9. Robot Kembali ke Titik Start

4. Kesimpulan

Pada paper ini menjelaskan bagaimana peran *fuzzy logic* dalam mengatur pergerakan robot *mobile manipulator* khususnya pada *mobile robot* nya. Simulasi yang digunakan pada paper ini yaitu *scilab* dan *mobotsim* [7]-[8]. Metode *Fuzzy logic* ini mengendalikan kecepatan motor dc berdasarkan deteksi jarak, sehingga pergerakan robot dapat teratur seperti yang terlihat jelas pada *trajectory* yang ada pada *mobotsim*.

Daftar Rujukan

[1] Hendrix R., Owan P., Garbini J., and Devasia S., 2019. Context-Specific Separable Gesture Selection for Control of a Robotic Manufacturing Assistant. *IFAC PapersOnline*, 51(34), pp. 89-96.

[2] Dewi T., Nurmaini S., Risma P., Oktarina Y., and Roriz M., 2019, Inverse Kinematic Analysis of 4 DOF Pick and Place Arm Robot Manipulator using Fuzzy Logic Controller, *IJECE*, 10(2), pp. 1376-1386. doi:10.11591/ijece.v10i2.pp1376-1386.

[3] Uchiyama N., Dewi T., and Sano S., 2014, Collision Avoidance Control for a Human-Operated Four Wheeled Mobile Robot, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 228(13), pp. 2278-2284. <https://doi.org/10.1177/0954406213518523>.

[4] Dewi T., Amperawan, Risma P., Oktarina Y., and Yudha D. A., 2020, Finger Cue for Mobile Robot Motion Control, *Computer Engineering and Application Journal*, 9(1), pp. 39-48. doi: [10.18495/COMENGAPP.V9I1.319](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V9I1.319).

[5] Uchiyama N., Dewi T., Sano S., and Takahashi H., 2014, Swarm Robot Control for Human Services and Moving Rehabilitation by Sensor Fusion, *Journal of Robotics*, 2014(278659), 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2014/278659>.

[6] Oktarina Y., Dewi T., and Risma T., 2020, The Concept of Automatic Transport System Utilizing Weight Sensor,

Computer Engineering and Application Journal, 9(2), pp. 155-163. doi:[10.18495/COMENGAPP.V0I0.339](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V0I0.339)

[7] Dewi T., Risma P., Taqwa A., Rusdianasari, and Renaldi H., 2020, Experimental analysis on solar powered mobile robot as the prototype for environmentally friendly automated transportation, *Proc. iCAST on Engineering Science*, 24-25 Oct 2019, Bali: Indonesia, doi:10.1088/1742-6596/1450/1/012034.

[8] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Muslimin S., 2018, Visual Servoing Design and Control for Agriculture Robot; a Review, pp. 57-62, *Proc. 2019 ICECOS*, 2-4 Oct. 2018, Pangkal Pinang: Indonesia. doi: [10.1109/ICECOS.2018.8605209](https://doi.org/10.1109/ICECOS.2018.8605209).

[9] Dewi T., Risma P., and Oktarina Y., 2020, Fruit Sorting Robot based on Color and Size for an Agricultural Product Packaging System, *Bulletin of Electrical Engineering, and Informatics (BEEI)*, 9(4), pp. 1438-1445. doi: [10.11591/eei.v9i4.2353](https://doi.org/10.11591/eei.v9i4.2353).

[10] Oktarina Y., Dewi T., Risma P., and Nawawi M., 2020, Tomato Harvesting Arm Robot Manipulator; a Pilot Project, *Journal of Physics: Conference Series*, 1500, p 012003, *Proc. 3rd FIRST*, Palembang: Indonesia.

[11] Al Yahmedi A.S., and Fatmi M.A., 2016. Fuzzy Logic Based Navigation of Mobile Robots,” *Intech*, 6, pp. 111-133.

[12] Nurmaini S., Tutuko B., Dewi K., Yuliza V., and Dewi T., 2017, Improving Posture Accuracy of Non-holonomic Mobile Robot system with Variable Universe of Discourse, *TELKOMNIKA*, 15(3). Pp. 1265-1279. doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v15i3.6078.

[13] Dewi T., Wijanarko Y., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Controller Design for Leader-Follower Robot Navigation, *5th Proc. EECSEI*, 5(1), pp. 298-303. 16-18 Oct 2018, Malang : Indonesia. doi:[10.1109/EECSI.2018.8752696](https://doi.org/10.1109/EECSI.2018.8752696).

[14] Dewi T., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Simulation as a Teaching-learning Media for Artificial Intelligence Class, *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 12(3), pp. 3-9. doi: [10.14313/JAMRIS_3-2018/13](https://doi.org/10.14313/JAMRIS_3-2018/13)

[15] Dewi T., Oktarina Y., Risma P., and Kartini S., 2019, Desain Robot Pengikut Manusia Sederhana dengan Fuzzy Logic Controller, *Proc. Annual Research Seminar (ARS)*, 5(1), pp. 12-16, 16 Nov 2019, Palembang: Indonesia.

[16] Oktarina Y., Septiarini F., Dewi T., Risma P., and Nawawi M., 2019, Fuzzy-PID Controller Design of 4 DOF Industrial Arm Robot Manipulator, *Computer Engineering and Application Journal*, 8(2), pp. 123-136. doi: [10.18495/COMENGAPP.V8I2.300](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V8I2.300).

[17] Dewi T., Sitompul C., Risma P., Oktarina Y., Jelista R., Mulyati M., 2019, Simulation Analysis of Formation Control Design of Leader-Follower Robot Using Fuzzy Logic Controller, *Proc 2019 ICECOS*, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:[10.1109/ICECOS47637.2019.8984433](https://doi.org/10.1109/ICECOS47637.2019.8984433).

[18] Farooq U., Amar M., Asad M.U., Hanif A., and Saleh S.O., 2014. Design and Implementation of Neural Network of Based Controller for Mobile Robot Navigation in Unknown Environment. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 6(2), pp. 83-89. doi:10.7763/IJCEE.2014.V6.799

[19] Yudha H. M., Dewi T., Hasana N., Risma P., Oktarina, Y. Kartini S., 2019, Performance Comparison of Fuzzy Logic and Neural Network Design for Mobile Robot Navigation, *Proc. 2019 ICECOS*, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:[10.1109/ICECOS47637.2019.8984577](https://doi.org/10.1109/ICECOS47637.2019.8984577)

[20] Larasati N., Dewi T., and Oktarina Y., 2017. Object Following Design for a Mobile Robot using Neural Network. *Computer Engineering and Application Journal*, 6(1), pp. 5-14. doi:10.18495/COMENGAPP.V6I1.189.

[21] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Roseno M.T., 2017. Neural Network Design for a Mobile Robot Navigation a Case Study. *4th Proc. EECSEI*. 23-24 Sep. 2017. Yogyakarta: Indonesia. doi:[10.1109/EECSI.2017.8239168](https://doi.org/10.1109/EECSI.2017.8239168).

[22] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Nawawi M., 2017. Neural Network Simulation for Obstacle Avoidance and Wall Follower Robot as a Helping Tool for Teaching-Learning Process in Classroom. *1st Proc. ICEAT*, 29-30 November 2017, Mataram: Indonesia. doi:10.1088/1757-899X/403/1/012043

[23] Risma P., Dewi T., Oktarina Y., and Wijanarko Y., 2019. Neural Network Controller Application on a Visual based Object Tracking and Following Robot. *Computer Engineering and Application Journal*, 8(1). doi: [10.18495/COMENGAPP.V8I1.280](https://doi.org/10.18495/COMENGAPP.V8I1.280).

- [24] Kuswad S., Natasya A., Tamara M.N., and Adji I., 2018. Optimasi Sistem Navigasi Robot Bencana Dengan Algoritma Bug Dan Jaringan Syaraf Tiruan. *JTIK*, . 5(5), pp. 635-642.
- [25] Savage J., Muoz S., Matamoros M., and Osorio R., 2013. Obstacle Avoidance Behaviors for Mobile Robots Using Genetic Algorithms and Recurrent Neural Networks. *IFAC*, 46(24), pp. 141-146.