



Fuzzy Logic Controller sebagai Penentu Gerak Mobile Robot Pembasmi Hama

Muhammad Ridho Kenawas¹, Pola Risma², Tresna Dewi³, Selamat Muslimin⁴, and Yurni Oktarina⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

¹ridhk06@gmail.com, ²polarisma@polsri.ac.id, ³tresna_dewi@polsri.co.id*,

⁴selamet_muslimin@polsri.ac.id, ⁵yurni_oktarina@polsri.ac.id

Abstract

A mobile robot is one of the solutions to overcome crop failure caused by chili pests. The mobile robot discussed in this paper is used to spray pesticide liquid into chili plant stems to prevent pests attack on the plants. This paper discusses the design of pesticide spraying robot motion with the application of Fuzzy Logic Controller. This robot employment is expected to reduce farmers' workload and to help to produce a good harvest. Robot motions are divided into two conditions, which can be controlled by remote control as a controller (manual) and by means of a sensor (automatic). Mobile robot movements have a significant impact on navigation and the design of the driving system. Robot speed is controller by adjusting Pulse Width Modulation of DC motors attached to the robots' wheel, which set to be 90 for slow and 220 for high speed. The Fuzzy Logic Controller in this mobile robot functions as an autonomous decision-making driver to detect obstacles in front of the mobile robot and the targeted stems.

Keywords : Mobile robot pest control, Remote control, Pulse width modulation, Fuzzy logic.

Abstrak

Mobile robot merupakan solusi untuk mengatasi kerugian gagal panen yang disebabkan hama tanaman cabai. Mobile robot pada makalah digunakan untuk menyemprotkan cairan pestisida ke batang tanaman cabai untuk mencegah tanaman cabai tersebut terserang hama. Makalah ini membahas desain pergerakan robot penyemprot pestisida dengan aplikasi metode logika fuzzy. Penggunaan robot ini dapat mengurangi beban tenaga para petani dan membantu untuk mendapat hasil panen cabai yang baik. Pergerakan mobile robot dapat dibedakan menjadi dua kondisi yaitu dapat digerakkan dengan remote control sebagai pengontrol (manual) dan menggunakan sensor (otomatis). Pergerakan mobile robot sangat berpengaruh pada navigasi dan desain sistem penggerakannya. Mobile robot ini digerakkan dengan putaran motor DC sebagai penggerak utamanya. Kecepatan putaran motor DC ini menggunakan pulse width modulation (PWM) dengan nilai yang diatur sebesar 90 = slow dan 220 = high. Metode logika fuzzy digunakan pada mobile robot difungsikan sebagai penggerak otonom pengambil keputusan secara cerdas, dalam mendeteksi halangan yang berada di depan mobile robot dan target yang sedang dituju.

Kata kunci : Mobile robot pembasmi hama, Remote control, Pulse width modulation, Logika fuzzy.

Diterima Redaksi : 07-06-2020 | Selesai Revisi : 11-06-2020 | Diterbitkan Online : 30-06-2020

1. Pendahuluan

Pada dunia industri, perkembangan teknologi robotik memiliki banyak jenis robot yang digunakan, salah satunya adalah *mobile robot*. Jenis robot ini merupakan jenis yang paling populer di dalam penelitian robotik. *Mobile robot* yang diartikan pergerakan atau gerak, diidentikkan dengan ciri roda yang dapat berpindah otomatis dari satu tempat ke tempat yang lain dengan bantuan navigasi, sehingga diharapkan mampu menggantikan pekerjaan manusia [1-7].

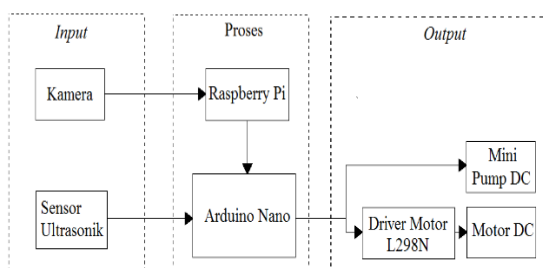
Jenis pekerjaan yang mampu digantikan oleh *mobile robot* di bidang industri salah satu contohnya adalah industri pertanian tanaman cabai. Usaha tanaman cabai (*Capsicum Annum L*) merupakan komoditas jenis sayur yang populer dan menjanjikan keuntungan menarik terkhusus di Indonesia karena permintaan cabai yang tinggi. Untuk memulai usaha ini diperlukan modal yang besar dan keterampilan yang cukup. Namun, pada kenyataannya usaha ini tidak sedikit para petani cabai yang mengalami kerugian gagal panen, hal itu disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor cuaca dan serangan hama tanaman [8-10].

Mobile robot digerakkan dengan motor DC yang menggunakan *pulse width modulation* (PWM) sebagai pengatur kecepatan putarannya. PWM ini merupakan salah satu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. Nilai *output* dari *pulse width modulation* (PWM) berupa besar pulsa *high* dan *low*, dimana kita dapat mengontrol durasi pulsa *high* dan *low* tersebut sesuai yang kita inginkan dalam penelitian ini. Kendali gerak *mobile robot* ini dapat diatur dengan menggunakan kecerdasan buatan seperti *fuzzy logic* [11-17], *neural network* [18-24], dan *genetic algorithm* [25].

Mobile robot merupakan solusi untuk mengatasi kerugian gagal panen yang disebabkan hama tanaman cabai, *mobile robot* digunakan untuk menyemprotkan cairan pestisida ke batang tanaman cabai. Penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy yang dapat mengatur efektifitas keluaran data sensor sebagai pengatur gerak kecepatan *mobile robot*, penghindar halangan, dan mendeteksi objek yang akan dituju di depannya. Tujuan diadakannya penelitian ini untuk dapat mencegah tanaman cabai terserang hama, sehingga dapat mengurangi beban tenaga para petani dan menjaga para petani mendapatkan hasil panen cabai yang baik.

2. Metode Penelitian

Pada Gambar 1 menunjukkan diagram kerja pengembangan *mobile robot*. Metode *fuzzy logic* pada penelitian ini digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC dengan *range* kecepatan yang sudah ditentukan dalam *rules* fuzzy logic dan mendeteksi jarak halangan dengan menggunakan data *output* sensor agar tidak terjadi tabrakan dan mencapai objek target yang ingin dituju.

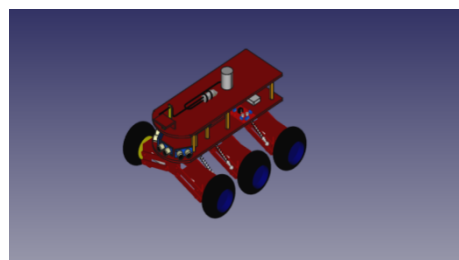


Gambar 1. Diagram Skematik Cara Kerja Alat Penelitian

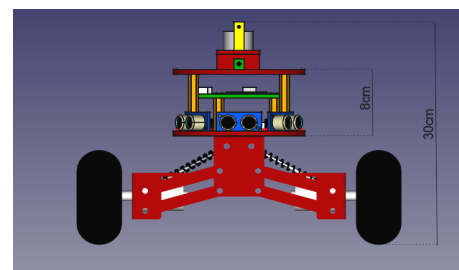
2.1. Design Mekanik

Pada Gambar 1,2, dan 3 menunjukkan rancangan dari *mobile robot* pembasmi hama. *Mobile robot* ini memiliki detail ukuran sebagai berikut, panjang robot 37cm, tinggi robot 22cm, lebar robot 30cm, dan berat robot 1kg . Pada bagian *base* (tingkat utama) *mobile robot* ini telah di rancang dan diatur sebagai tempat komponen-komponen utama *mobile robot* ini, seperti

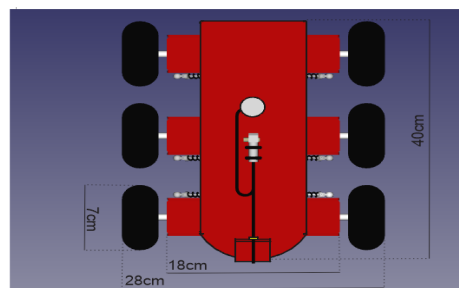
sensor kamera, raspberry pi, mikrokontroler 328, *driver motor* L298N, *mini pump* DC, dan motor DC. Dimensi dari tingkat *base* ini dibuat sama dengan ukuran robot sebenarnya yaitu 37cm x 30cm dengan menggunakan bahan akrilik. Pada bagian depan *base mobile robot* ini memiliki 3 sensor ultrasonik dengan posisi kanan, kiri, dan tengah, dimana untuk posisi kanan dan kiri membentuk sudut masing-masing sebesar 45°. Pada bagian belakang *mobile robot* ini dipasangkan baterai sebagai *power* utama penggerak *mobile robot* dengan tegangan sebesar 2200 mAh. Adapun pada bagian atas *mobile robot* diletakkan penampung cairan pestisida yang akan disemprotkan pada tanaman.



Gambar 2. Rancangan *Mobile Robot* Tampak Samping



Gambar 3. Rancangan *Mobile Robot* Tampak Depan



Gambar 4. Rancangan *Mobile Robot* Tampak Atas

Posisi *mobile robot* pada Gambar 2 dan 3 dirumuskan dengan:

$$q_i = [x_i, y_i, \phi_i]^T \quad (1)$$

dimana x_i dan y_i merupakan sumbu X dan sumbu Y dan ϕ_i adalah orientasi *mobile robot* terhadap sumbu Z. Kecepatan robot adalah:

$$v = [v_{m1}, v_{m2}]^T \quad (2)$$

dimana v_{m1} dan v_{m2} merupakan kecepatan motor kiri dan kanan.

Kontrol *input* yang diterapkan pada robot adalah:

$$\mu = \frac{R}{2} (\dot{\theta}_r + \dot{\theta}_l) \quad (3)$$

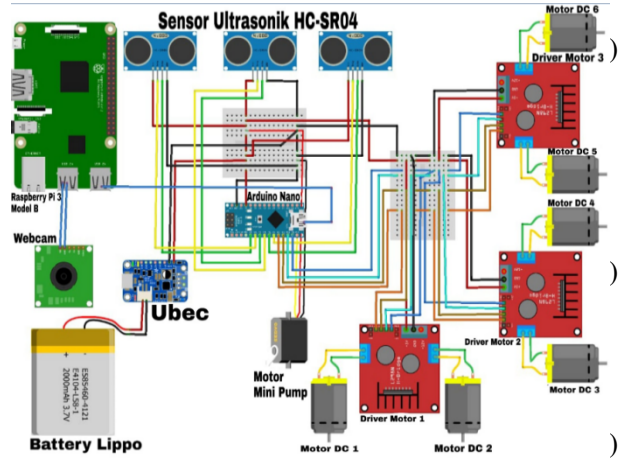
dimana $\dot{\theta}_r$ dan $\dot{\theta}_l$ merupakan orientasi roda kanan dan kiri. Kecepatan sudut diberikan oleh:

$$\omega = \frac{R}{2L} (\dot{\theta}_r - \dot{\theta}_l) \quad (4)$$

dimana $\dot{\theta}_r$ dan $\dot{\theta}_l$ adalah roda kanan dan kiri kecepatan sudut masing-masing. Selama pergerakan *mobile robot*, sensor mendeteksi rintangan dan objek yang ingin dituju agar memberikan jarak minimum yang pasti untuk mempertimbangkan *input* ke pengontrol untuk mendapatkan kemudi *mobile robot* dan berpengaruh dengan kecepatan *mobile robot* (v_{m1} dan v_{m2}). Dalam penelitian ini, *mobile robot* diasumsikan hanya bergerak maju menghindari rintangan yang ada di depannya dan menuju target tanaman yang disemprot pestisida tanpa *slipping* dan *skidding*.

2.2. Rancangan Elektrikal

Pada Gambar 4 menunjukkan rancangan elektrik dari *mobile robot* pembasmi hama. Rancangan terdiri atas 3 buah sensor ultrasonik HC-SR04, 2 buah mikrokontroler Atmega 328, 1 buah raspberry pi dan modul kameranya, 3 buah *driver motor* L298 yang dipasang paralel, dan 7 buah motor DC (1 untuk *mini pump*). Adapun fungsi dari masing-masing komponen yaitu, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak antara halangan dan objek yang akan dituju di depan *mobile robot*, mikrokontroler Atmega 328 sebagai otak yang memproses perintah gerak dan cara kerja robot, raspberry pi sebagai alat yang memproses data yang ditangkap oleh modul kameranya dan ditransfer ke mikrokontroler Atmega 328 sebagai perintah, *driver motor* L298 sebagai pengatur kemudi *mobile robot* menentukan putaran aktuator kapan *mobile robot* harus berbelok, dan motor DC sebagai penggerak utama *mobile robot*.



Gambar 5. Rancangan Elektrikal

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Rancangan Kontrol Logika Fuzzy

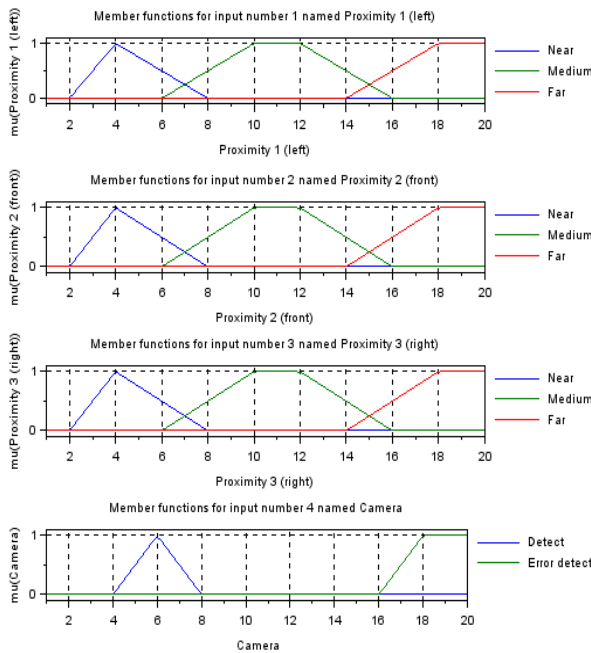
Pada Tabel 1, Gambar 6 dan 7 menunjukkan *rules*, *input* dan *output* logika *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk sistem pengaturan gerak robot penghindar halangan cerdas dan menggunakan metode mamdani dalam proses simulasinya. Logika *fuzzy* dipilih karena memiliki beberapa kelebihan, seperti kontrol sederhana, biaya rendah, dan dapat digambarkan sebagai penghitung kata daripada angka atau mengendalikan dengan kalimat persamaan. Dalam hal ini logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai dapat dikatakan benar atau salah. Penelitian ini menggunakan bentuk triangular kurva sebagai pembentukan variabel fungsi dari 4 *input* pada *membership fuzzy logic* yang dimana menggunakan 3 ultrasonik sebagai sensor jarak dan kamera sebagai sensor citra dan 2 *output* motor DC dari tiga roda masing-masing roda kanan dan kiri. Variabel dan himpunan ini akan diaplikasikan pada *mobile robot* [8][9].

Tabel 1. Rule Fuzzy Logic Mobile Robot Pembasmi Hama

Input				Output			Information Mobile Robot
Ultrasonic 1 (Left)	Ultrasonic 2 (Middle)	Ultrasonic 3 (Right)	Camera	Left Wheel	Right Motor	Mini Pump	
Near	Near	Near	Detect	Stop	Stop	On	Forward
Near	Near	Medium	Error Detect	Stop	Stop	Off	Turn Right
Near	Near	Far	Detect	Slow	Slow	On	Turn Right
Near	Medium	Near	Error Detect	Slow	Slow	Off	Forward
Near	Medium	Medium	Detect	Normal	Normal	On	Turn Right
Near	Medium	far	Error Detect	Normal	Normal	Off	Turn Right
Near	Far	Near	Detect	Normal	Normal	On	Forward
Near	Far	Medium	Error Detect	Normal	Normal	Off	Forward

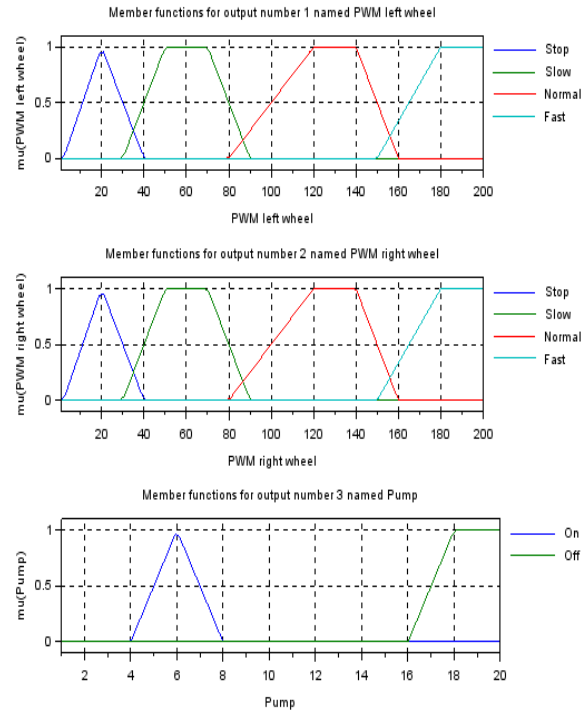
Near	Far	Far	Detect	Normal	Normal	On	Forward
Near	Near	Near	Error Detect	Stop	Stop	Off	Turn Left
Medium	Near	Medium	Detect	Stop	Stop	On	Turn Left
Medium	Near	Far	Error Detect	Slow	Slow	Off	Turn Right
Medium	Medium	Near	Detect	Slow	Slow	On	Turn Left
Medium	Medium	Medium	Error Detect	Slow	Slow	Off	Forward
Medium	Medium	Far	Detect	Slow	Slow	On	Forward
Medium	Far	Near	Error Detect	Normal	Normal	Off	Forward
Medium	Far	Medium	Detect	Normal	Normal	On	Turn Left
Medium	Far	Far	Error Detect	Normal	Normal	Off	Forward
Far	Near	Near	Detect	Stop	Stop	On	Forward
Far	Near	Medium	Error Detect	Stop	Stop	Off	Forward
Far	Near	Far	Detect	Stop	Stop	On	Turn Left
Far	Medium	Near	Error Detect	Slow	Slow	Off	Turn Left
Far	Medium	Medium	Detect	Slow	Slow	On	Turn Left
Far	Medium	Far	Error Detect	Slow	Slow	Off	Turn Left
Far	Far	Near	Error Detect	Normal	Normal	On	Forward
Far	Far	Medium	Error Detect	Fast	Fast	Off	Forward
Far	Far	Far	Detect	Fast	Fast	On	Forward

Hasil himpunan fuzzy memiliki sistem proses, sistem prosesnya antara lain *fuzzification*, yang merupakan aturan yang digunakan sistem fuzzy dimana mengubah nilai *input* atau masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam *fuzzy*, yang berupa nilai linguistik yang digunakan berupa *near*, *medium*, *far*, dan *detect*, *error detect*, berdasarkan fungsi dari keanggotaan tertentu [11]. Berikutnya ada *inference*, *inference* merupakan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sebelumnya untuk menghasilkan *fuzzy output*. Pada penelitian ini *inference* yang digunakan yaitu, *IF proximity sensor AND camera sensor THEN motor DC take*.



Gambar 6. Membership function dari Input yang disimulasikan dengan Scilab

Hasil himpunan *fuzzy* bahwa inputan 2 variabel, dimana inputan pertama, 3 sensor jarak yang mana *inputnya* terdiri dari 3 tahapan ukuran jarak sensor, dimana *Near* (2cm-8cm), *Medium* (6cm-16cm), dan *Far* (14cm-20cm). Sementara *input* kedua, 1 kamera sebagai sensor citra yang mana *inputnya* terdiri dari 2 tahapan deteksi kamera, dimana *Detect* (4cm-8cm) dan *Error detect* (16cm-20cm).



Gambar 7. Membership function dari Output yang disimulasikan dengan Scilab

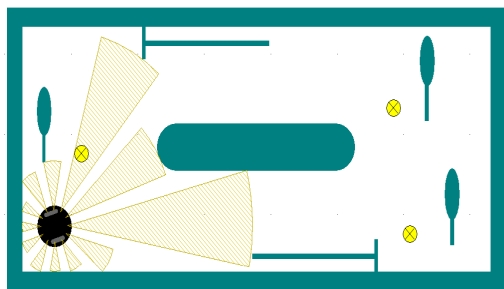
Hasil himpunan *fuzzy output* 2 variable, dimana output pertama, 2 motor DC untuk roda kanan dan kiri (PWM) yang masing-masing 3 roda, terdiri dari 4 tahapan kecepatan laju motor DC, dimana *Stop* (2rpm-40rpm), *Slow* (30rpm-90rpm), *Normal* (80rpm-160rpm), dan *Fast* (150rpm-220rpm). Sementara *output* kedua, 1 motor DC sebagai *mini pump* yang mana *outputnya* terdiri atas 2 tahapan kerja *mini pump* DC, dimana *On* (4cm-8cm) dan *Off* (16cm-20cm).

Output ini terhubung ke perputaran motor DC dengan PWM yang telah diatur pada range untuk *Slow* 30rpm-220rpm untuk *Fast* dan *mini pump* yang diatur *on* dan *off* dengan logika *High* (1 = *mini pump* aktif) dan *Low* (logika 0 = *mini pump* non-aktif).

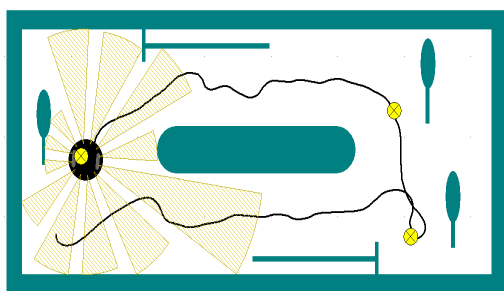
Logika *fuzzy* yang diterapkan pada penelitian ini dirancang untuk memberikan *feedback* dari sensor terhadap kecepatan perputaran motor untuk gerak *mobile robot* dan *output mini pump* untuk menyemprotkan cairan pestisida sebagai pembasmi hama tanaman.

3.2. Rancangan Simulasi Mobotsim Mobile Robot

Pada Gambar 8 dan 9 menunjukkan bahwa pada penelitian ini, metode *fuzzy logic* pada *mobile robot* pembasmi hama yang diimplementasikan terbukti dengan melakukan simulasi percobaan menggunakan *software* mobotsim. Mobotsim merupakan *software* desain 2D yang dikonfigurasi menjadi simulator *mobile robot* yang merancang robot dengan kecerdasan buatan seperti *fuzzy logic* dan *neural network*. Mobotsim ini difungsikan untuk menunjukkan lintasan robot selama robot bergerak dari awal sampai akhir menuju target-target yang telah ditentukan [12].



Gambar 8. Posisi Awal *Mobile Robot*



Gambar 9. Posisi Akhir *Mobile Robot* Mencapai Target

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan ini, *mobile robot* ini dibuat bertujuan untuk membantu para petani mengatasi serangan hama, maka dengan proses kontrol gerak *mobile robot* dengan menggunakan metode logika *fuzzy*. Dengan menggunakan metode logika *fuzzy* untuk kendali robot pada lintasan tidak beraturan dapat menghasilkan pengambilan keputusan jalur tanpa hambatan (halangan) tanpa mengenainya dan sampai kepada objek (tanaman) yang dituju untuk menyemprotkan pestisida dan laju *mobile robot* menyesuaikan dengan kecepatan putaran motor DC dengan menggunakan *pulse width modulation* (PWM).

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

- [3] Arm Robot Manipulator using Fuzzy Logic Controller, *IJECE*, 10(2), pp. 1376-1386. doi:10.11591/ijece.v10i2.pp1376-1386.
- [4] 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>.
- [5] 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).
- [6] 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>.
- [7] 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).
- [8] 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.
- [9] 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).
- [10] 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).
- [11] 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.
- [12] Al Yahmedi A.S., and Fatmi M.A., 2016. Fuzzy Logic Based Navigation of Mobile Robots,” *Intech*, 6, pp. 111-133.
- [13] 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.
- [14] Dewi T., Wijanarko Y., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Controller Design for Leader-Follower Robot Navigation, *5th Proc. EECSI*, 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).
- [15] 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).
- [16] 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.
- [17] 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).
- [18] 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).
- [19] 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
- [20] 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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.