

# Penerapan *Fuzzy Logic* untuk Kontrol Gerak Tari pada Robot *Humanoid* dengan Menerapkan Sensor Deteksi Warna

<sup>1</sup>Dessy Ana Laila Sari, <sup>2</sup>Elfira Makmur, <sup>3</sup>Retyana Wahrini

<sup>1,2</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar, Makassar

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan Vokasional Mekatronika, Universitas Negeri Makassar, Makassar

<sup>1</sup>[dessynaa@unm.ac.id](mailto:dessynaa@unm.ac.id), <sup>2</sup>[elfiramakmur@unm.ac.id](mailto:elfiramakmur@unm.ac.id), <sup>3</sup>[retyana.wahrini@unm.ac.id](mailto:retyana.wahrini@unm.ac.id)

**Abstract** – One of the prominent competitions in the national robot series, the Indonesian dancing Robot Contest (KRSTI), assesses the dependability of various dancing robots by having them perform traditional dances from Indonesia. In this study, the authors use fuzzy logic to control the mobility of the dancing robot by determining whether it poses and dances in accordance with the KRI dance zone based on the input produced by the TCS3200 color sensor. In order to create a robot that may move in accordance with its designated zone, the Mamdani fuzzy approach, which employs the IF-ELSE principle, is used for decision-making.

**Keywords** — Dancing Robot, Fuzzy Logic, Color Sensor TCS3200, Mamdani Method

**Abstrak**— Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) merupakan salah satu ajang bergengsi dalam perlombaan robot nasional dimana berbagai robot tari diuji keahliannya dalam menampilkan tari tradisional Indonesia. Dalam penelitian ini, penulis melakukan kontrol gerak robot tari dengan menerapkan logika *fuzzy* dalam menentukan kapan robot berpose dan menari sesuai dengan zona tari KRI berdasarkan masukan yang dihasilkan oleh sensor warna TCS3200. Adapun dalam pengambilan keputusan digunakan metode *fuzzy* Mamdani yang menerapkan konsep IF-ELSE sehingga didapatkan robot yang mampu bergerak sesuai dengan zona yang ditentukan.

**Kata Kunci**—Robot Tari, Logika Fuzzy, Sensor Warna TCS3200, Metode Mamdani

## I. Pendahuluan

Kontes Robot Indonesia (KRI) adalah kegiatan kompetisi rancang bangun dan rekayasa dalam bidang robotika yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia [11]. Di antara berbagai divisi kategori robot, salah satu kategori yang diadakan adalah Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) dimana digunakan robot berjenis humanoid [8]. Robot humanoid sendiri diciptakan dengan terinspirasi kepada kemampuan dan bentuk manusia yang menjadi topik menarik bagi peneliti [4]. Penelitian terkait robot humanoid sendiri telah dimulai sejak 1966 dan dikembangkan oleh Waseda University [2]. Secara umum, robot humanoid meliputi mekanisme pengambilan keputusan, pemrosesan informasi dimana logika *fuzzy* biasa digunakan [6].

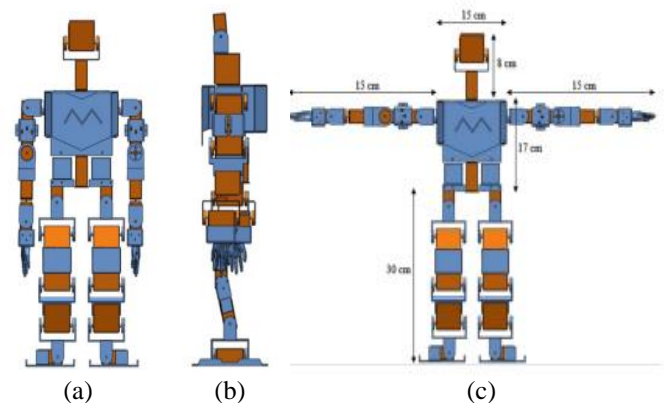
Morfologi dari robot penari sendiri memiliki kesamaan dengan robot humanoid pada umumnya. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya terkait robot penari sendiri, poin penting pembeda robot penari adalah tingkat kompleksitas dan fleksibilitas dalam sistem penggerak yang memungkinkan robot dapat menyerupai penari yang sebenarnya [12]. Robot diharuskan mampu bergerak secara halus dan membentuk pose yang stabil [1][7].

Dalam artikel ini, dibahas penerapan logika *fuzzy* [9][14] dalam pemrosesan informasi lokasi robot yang ditentukan oleh sensor warna untuk memberikan *output* gerakan yang sesuai dengan zona yang ditempati sesuai dengan aturan KRI. Penggunaan logika *fuzzy* sendiri diharapkan mampu menyelesaikan kendala robot karena mampu memproses lebih dari satu variabel *input* dalam satu sistem untuk membentuk satu variabel *output*.

## II. Metode Penelitian

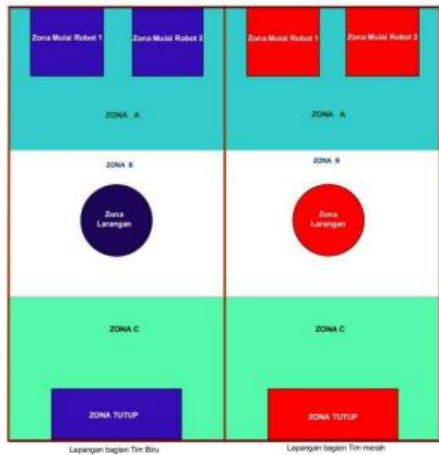
### A. Arsitektur Robot Penari

Robot *humanoid* adalah jenis robot yang dirancang untuk meniru bentuk dan gerakan manusia. Robot *humanoid* biasanya memiliki penampilan manusia dengan kepala, badan, dua lengan, dan dua kaki. [18]



Gambar 1. Bentuk robot (a) tampak depan (b) tampak samping (c) dimensi robot humanoid

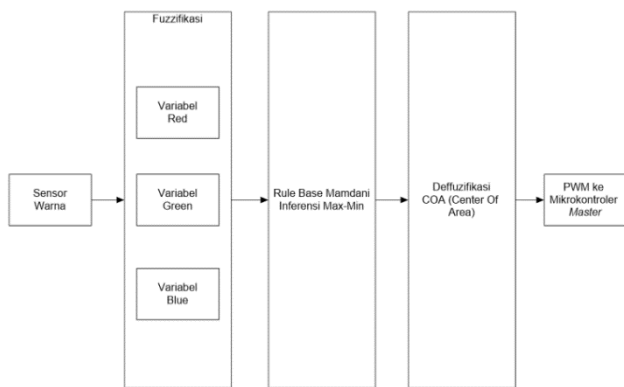
Dalam penggunaannya robot humanoid menggunakan berbagai komponen guna menunjang pergerakan robot sedemikian rupa[10]. Robot sendiri sangat bergantung terhadap masukan dari sensor warna yaitu TCS3200 sebagai acuan kapan dan bagaimana robot tari akan bertindak. Prinsip pendeteksian area dengan sensor TCS3200 [16] sendiri berdasar pada penggunaan komponen *photodiode* yang memberikan respon *photodiode* terhadap warna pada spektrum cahaya tampak yaitu area lapangan KRI yang ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah lapangan KRI

### B. Desain Logika Fuzzy

Ilustrasi desain logika *fuzzy* yang diterapkan pada sistem dapat dilihat pada Gambar 3 berikut. Proses logika *fuzzy* menggunakan hasil sensor warna berupa 3 variabel RGB sebagai *input* yang diproses dengan menggunakan metode Mamdani sebagai pengambilan keputusan bagaimana robot bertindak.

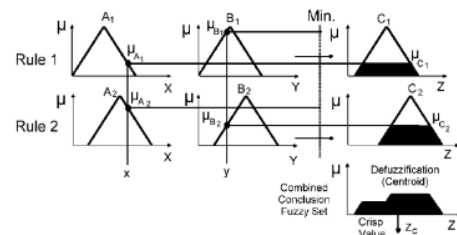


Gambar 3. Arsitektur rancangan sistem *fuzzy* dengan *input* sensor warna TCS3200

Sistem logika *fuzzy* terdiri dari 4 mekanisme dasar, diantaranya adalah inferensi fuzzifikasi, *rule base*, pengambilan keputusan atau *inference engine* dan defuzzifikasi [17].

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *input* dalam sistem ini adalah 3 komponen warna RGB dari sensor warna TCS3200 yang hasil keluaran sistem berupa pengaturan gerak *motor servo* oleh PWM.

Metode mamdani [11] merupakan salah satu metode yang digunakan dalam sistem penalaran *fuzzy* yang dapat membuat keputusan atau mengendalikan sistem yang ambigu dan tidak terstruktur [5] Pada pembahasan sebelumnya, telah dijelaskan 4 mekanisme dasar dari sistem logika *fuzzy*. Pada unit inferensi dimana berfungsi dalam pengambilan keputusan menerapkan prosedur pemikiran guna mendapatkan *output fuzzy*. Sehingga ketika mekanisme tersebut digabungkan, pemecahan proses fuzzifikasi dapat menghasilkan *output fuzzy* setiap instruksinya. Banyak metode inferensi *fuzzy* dan salah satunya adalah metode Mamdani [15] (Gambar 4).



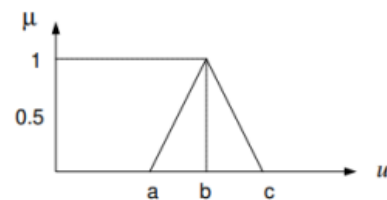
Gambar 1. Ilustrasi metode inferensi *fuzzy* Mamdani

#### 1. Penentuan Fungsi Keanggotaan

Jenis fungsi keanggotaan yang akan digunakan yaitu fungsi keanggotaan T (*triangular*). Definisi fungsi trigonometri dapat direpresentasikan dalam Persamaan 1 sebagai berikut:

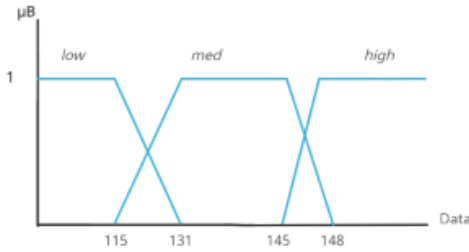
$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \rightarrow u < a \\ \frac{u - a}{b - a} & \rightarrow a \leq u \leq b \\ \frac{c - u}{c - b} & \rightarrow b \leq u \leq c \\ 0 & \rightarrow u > c \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan jenis T ini dapat diilustrasikan dengan Gambar 5 di bawah.

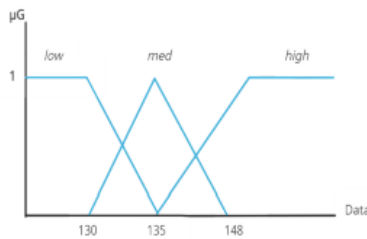


Gambar 5. Fungsi keanggotaan bentuk T

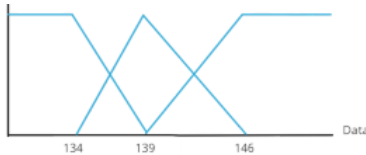
Adapun fungsi keanggotaan *input* sensor TCS3200 dalam penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan *input* Blue

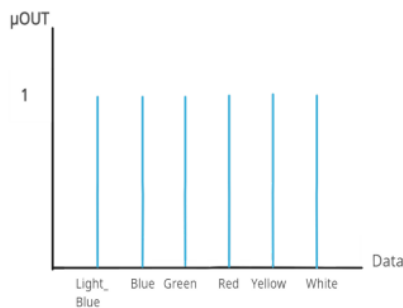


Gambar 2. Fungsi keanggotaan *input* Green



Gambar 4. Fungsi keanggotaan *input* Merah

Fungsi keanggotaan untuk *output* yang dikeluarkan oleh PWM dalam memberikan respon gerakan pada robot tari dapat dilihat dari Gambar 9.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan keluaran PWM

## 2. Penentuan Rule-Base

Penentuan aturan logika *fuzzy* didasarkan pada pengalaman dan disusun dalam bentuk pertimbangan IF – ELSE . Metode inferensi yang digunakan adalah metode Max-Min . Tabel 1 menunjukkan basis aturan dari logika *fuzzy*.

Tabel 1. Rule-Base yang digunakan dalam system

Green	Red	Low	Med	High
	Blue			
Low	Low	Biru Muda	Merah	Merah
Med		Biru Muda	Kuning	Kuning
High		Hijau	Kuning	Kuning
Low	Med	Biru Muda	Merah	Merah
Med		Biru Muda	Putih	Putih
High		Hijau	Putih	Putih
Low	High	Hijau	Merah	Merah
Med		Biru	Putih	Putih
High		Biru	Putih	Putih

## 3. Defuzifikasi

*Deblurring* / defuzifikasi adalah proses mengubah keluaran buram menjadi keluaran tajam [3]. Hasil dari jarak tersebut digunakan untuk memberikan sinyal perintah gerakan yang dilakukan oleh robot *humanoid* ke mikrokontroler utama. Prinsip keanggotaan maksimum digunakan sebagai metode *unfusing*. Juga dikenal sebagai metode ketinggian, metode ini terbatas pada penyortiran keluaran dari fungsi.

## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa sistem logika *fuzzy* yang diimplementasikan pada robot *humanoid* dalam mendeteksi warna lintasan. Menggunakan perangkat lunak Dev C++ untuk mengetahui keluaran yang dihasilkan dari program logika *fuzzy* yang telah dibuat.

Tabel 2. Hasil uji logika *fuzzy input* dan fungsi keanggotaannya

No.	Warna	Input Warna					
		R	(R)*	G	(G)*	B	(B)*
1	Biru Muda	110	Low = 1	128	Low = 1	114	Low = 1
2	Biru	120	Low = 1	135	Low = 0.65 Med = 0.34	150	High = 1
3	Hijau	120	Low = 1	160	High = 1	110	Low = 1
4	Merah	158	High = 1	134	Low = 0.64 Med = 0.33	142	Med = 1
5	Kuning	150	High = 1	160	High = 1	100	Low = 1
6	Putih	140	Med = 1	150	High = 1	157	High = 1

\*) Nilai fungsi keanggotaan *input*

Tabel 3. Hasil pengujian logika fuzzy output

No.	Warna	Inferensi	Perhitungan Output	Warna Terbaca
1	Biru Muda	(1) = 1	1	Biru_Muda
2	Biru	(1) = 0.65 (2) = 0.34	0.65	Biru
3	Hijau	(1) = 1	1	Hijau
4	Merah	(1) = 0.64 (2) = 0.33	0.64	Merah
5	Kuning	(1) = 1	1	Kuning
6	Putih	(1) = 1	1	Putih

### B. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara keluaran dari sistem pengambilan keputusan dengan logika fuzzy terhadap gerakan robot di area lapangan KRI telah sesuai.

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan ekpektasi gerak robot yang sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Korelasi warna area dan gerakan robot tari

Warna Zona	Ekspektasi Gerakan Robot Tari
Biru Muda	Denok gambang Semarang
Biru	Salam pembuka & gerakan cuci tangan
Hijau	Gerak penutup
Merah	Salam pembuka & gerakan cuci tangan
Kuning	Zona larangan & perlu dihindari
Putih	Ngasak

Adapun hasil uji coba masing-masing zona dapat dilihat pada Tabel 5 – 10 berikut.

Tabel 5. Pengujian zona mulai (Biru)

Pengujian Ke-	Warna yang dideteksi	Gerakan yang dilakukan
1	Biru	Salam pembuka & gerakan cuci tangan
2	Biru	Salam pembuka & gerakan cuci tangan
3	Biru	Salam pembuka & gerakan cuci tangan

Tabel 6. Pengujian zona mulai (Merah)

Pengujian Ke-	Warna yang dideteksi	Gerakan yang dilakukan
1	Merah	Salam pembuka & gerakan cuci tangan
2	Merah	Salam pembuka & gerakan cuci tangan
3	Merah	Salam pembuka & gerakan cuci tangan

Tabel 7. Pengujian zona 1 (Biru Muda)

Pengujian Ke-	Warna yang dideteksi	Gerakan yang dilakukan
1	Biru_Muda	Denok gambang Semarang
2	Biru_Muda	Denok gambang Semarang
3	Biru_Muda	Denok gambang Semarang

Tabel 8. Pengujian zona 2 (Putih)

Pengujian Ke-	Warna yang dideteksi	Gerakan yang dilakukan
1	Putih	Ngasak
2	Putih	Ngasak
3	Putih	Ngasak

Tabel 9. Pengujian zona larangan (Kuning)

Pengujian Ke-	Warna yang dideteksi	Gerakan yang dilakukan
1	Kuning	Zona larangan & perlu dihindari
2	Kuning	Zona larangan & perlu dihindari
3	Kuning	Zona larangan & perlu dihindari

Tabel 10. Pengujian 3(Hijau)

Pengujian Ke-	Warna yang dideteksi	Gerakan yang dilakukan
1	Hijau	Gerak penutup
2	Hijau	Gerak penutup
3	Hijau	Gerak penutup

Berdasarkan tabel pengujian 5 – 10 didapatkan bahwa sistem pengambilan keputusan gerak robot tari dengan *input* berupa warna mampu bekerja dengan baik sesuai dengan ekspektasi gerakan yang harus dilakukan pada zona KRI.

## IV. Kesimpulan

Berdasarkan penerapan *fuzzy logic* untuk mengatur gerak tari pada robot humanoid menggunakan sensor deteksi warna, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol gerakan robot humanoid ini mampu menghasilkan gerakan tari yang dapat diatur secara akurat dan tepat sesuai dengan *input* yang diberikan.

Penggunaan logika *fuzzy* dalam sistem ini memungkinkan robot humanoid untuk merespon kondisi sekitar dengan lebih baik, karena sensor deteksi warna dapat memberikan informasi tentang lingkungan sekitar secara detail. Fuzzifikasi dan inferensi *fuzzy* yang digunakan dalam sistem ini juga mampu

menghasilkan *output* yang sesuai dengan kondisi sekitar dengan baik.

Meskipun demikian, sistem kontrol gerakan robot humanoid menggunakan *fuzzy logic* ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti kompleksitas dalam penentuan aturan *fuzzy* yang tepat dan keakuratan pengukuran sensor yang dapat mempengaruhi hasil dari sistem kontrol gerakan robot humanoid. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi keterbatasan tersebut agar sistem ini dapat digunakan secara lebih efektif dan efisien.

## V. Daftar Pustaka

- [1] Abror, B., Anom Besari, A. R., Subkhan, K., & Pramadhianto, D. "Trajectory dancing modelling of humanoid robot dancing 33 degree of freedom". 2016. <https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2016.7861028>
- [2] Brooks, R. A., Breazeal, C., Marjanović, M., Scassellati, B., & Williamson, M. M.. "The Cog Project: Building a Humanoid Robot. In C. L. Nehaniv (Ed.), , Computation for Metaphors, Analogy, and Agents (pp. 52–87). Springer Berlin Heidelberg, 1999
- [3] Corpuz, R. S. A., & Orquiza, J. "Utilization of Fuzzy Logic Control in a Waste Robot". 2019 <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2018.8666242>
- [4] Gharajeh, M. S., & Jond, H. B. "Hybrid Global Positioning System-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System based autonomous mobile robot navigation", 2020. *Robotics and Autonomous Systems*, 134, 103669. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103669>
- [5] Goyal, P., Kumar, S., & Sharda, R. "A review of the Artificial Intelligence (AI) based techniques for estimating reference evapotranspiration: Current trends and future perspectives", *Computers and Electronics in Agriculture*, 20(9) 2023, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023>
- [6] Kahraman, C., Deveci, M., Boltürk, E., & Türk, S. "Fuzzy controlled humanoid robots: A literature review". *Robotics and Autonomous Systems*, 134, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103643>
- [7] Kroma, A., & Mazalek, A. "Interfacing & Embodiment: "Baby Tango" Dancing Robot Attempts to Communicate" , 2021. <https://doi.org/10.1145/3450741.3466633>
- [8] Kusumoputro, Benyamin; Purnomo, Mauridhi Hery; Mozef, Eril; Rochardjo, Heru Santoso Budi; Prabowo, Gigih; Purwanto, Djoko; Pitowarno, Endra; Indrawanto, Indrawanto; Mutijarsa, Kusprasapta. "Pedoman Kontes Robot Indonesia (KRI) tahun 2021". 2021. [repositori.kemdikbud.go.id](https://repositori.kemdikbud.go.id). Diakses tanggal 2022-07-09.
- [9] Li, Y., & Wang, Y. "Control and Design of Dancing Robot based on STM32". 2023. *Journal of Electrical Engineering and Automation*, 5, 29–45. <https://doi.org/10.36548/jeea.2023.1.003>
- [10] Nenchev, N. D., Konno Atsushi, & Tsujita Teppei. "Humanoid Robots: Modeling and Control". 2018 Butterworth-Heinemann.
- [11] Ouifak, H., & Idri, A. "On the performance and interpretability of Mamdani and Takagi-Sugeno-Kang based neuro-fuzzy systems for Medical diagnosis", *Scientific African*, 20, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01610>
- [12] Pusprenas, "Kontes Robot Indonesia 2023". Diakses pada 03 Februari 2023.
- [13] Rahmawati, M. S., Irwansyah, A., Binugroho, E. H., Alasiry, A. H., Satria, N. F., & Basuki, D. K. "ERISA Robot's Walking Trajectory Control using Pixy CMUcam5 to Locate the Target Position". 2021. *2021 International Electronics Symposium (IES)*, 476–481. <https://doi.org/10.1109/IES53407.2021.9593942>
- [14] Rath, A., Parhi, D., Das, H., Muni, M., & Kumar, P. "Analysis and use of fuzzy intelligent technique for navigation of humanoid robot in obstacle prone zone". 2018. *Defence Technology*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2018.03.008>
- [15] Rustum, R., Kurichyanil, Forrest, S., Sommariva, C., Adeloje, A., Zounemat-Kermani, M., & Scholz. " Sustainability Ranking of Desalination Plants Using Mamdani Fuzzy Logic Inference Systems". *Sustainability*, 12, 631, 2020 <https://doi.org/10.3390/su12020631>
- [16] Sari, M. I., Handayani, R., Siregar, S., & Isnu, B. "Pemilah Benda Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200", *TELKA*, 4(2), 85–90. 2018
- [17] Sivanandam, S.N.; Sumathi, S.; Deepa, S.N. "Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB" Springer: Berlin, Germany, 2007; doi:10.1007/978-3-540-35781-0
- [18] Soim, S., Joni, B., Junaidi, J., & Damsi, F. " PERANCANGAN ROBOT HUMANOID BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 32". *Jurnal Ampere*, 1(2), 22–29. 2017, <https://doi.org/10.31851/ampere.v1i2.898>