

Sistem Pengendalian Robot KRSRI Menggunakan Logika Fuzzy Sugeno Orde Nol

Ryan Yudha Adhitya, Agus Khumaidi, Zindhu Maulana A. P., Dimas Pristovani R., Mochammad Madhoni Setiawan, M. Dhani Inwanul F, A. Dewana Putra, Semeru Fatkhurrozi A, M. Dhifa Alfitra, Deni Almunawar, Fonda Jiwa Arkananta Tusila, M. Fakhri Ali Mufidz
e-mail: ryanyudhaadhitya@ppns.ac.id

Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 26 Agustus 2023
Direvisi 15 Oktober 2023
Diterbitkan 31 Mei 2024

Kata kunci:

Fuzzy
Robot KRSRI
Sistem Pengendalian
Sensor Sharp
Kinematik

Keywords:

Fuzzy
Rescue Robot
Control System
Sharp Sensor
Kinematic

Penulis Korespondensi:

Ryan Yudha Adhitya
Prgram Studi Teknik Otomasi
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

ABSTRAK

Robot merupakan salah satu perkembangan teknologi yang menyatukan beberapa aspek yaitu mekanikal, elektrikal, serta program yang saling berkaitan satu sama lain. Saat ini robot juga telah dikompertisikan dalam sebuah perlombaan dengan berbagai kategori. Salah satunya adalah pelrombaan robot SAR (*Search and Rescue*) yang diwadahi dalam KRSRI (Kontes Robot SAR Indonesia). Robot SAR ini memiliki misi untuk menyelamatkan dan membawa korban ke zona aman. Untuk mengembangkan robot agar lebih maksimal, beberepa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan metode-metode yang bervariasi. Dalam penelitian ini robot SAR dioptimalkan dengan metode Logika Fuzzy Sugeno Orde Nol. Selain itu, pada penelitian ini menggunakan sensor sharp sebagai sensor jarak yang memiliki kemampuan lebih baik daripada sensor ultrasonik. Hasil percobaan menunjukkan bahwa waktu yang dihasilkan robot untuk mencapai garis finish bersifat fluktuatif, dalam artian waktunya berbeda-beda setiap derajat percobaan. Kesimpulan dari percobaan ini adalah untuk metode Logika Fuzzy ini dapat diterapkan pada robot. Berdasarkan dari gerak robot yang dihasilkan, robot dapat bergerak lurus tanpa ada kecenderungan ke arah kanan atau kiri pembatas lintasan.

ABSTRACT

Robots are one of the technological developments that unite several aspects, such as mechanical, electrical, and programs that are interrelated to one another. Currently, the robot has also been competed in a competition with various categories. One of them is the SAR (Search and Rescue) robot competition which is accommodated in the KRSRI (Indonesian SAR Robot Contest). This SAR robot has a mission to save and bring victims to a safe zone. To develop the robot so that it is more optimal, several studies have been carried out using various methods. In this study, the SAR robot was optimized with the Zero Order Fuzzy Sugeno Logic method. In addition, this study uses a sharp sensor as a distance sensor which has better capabilities than ultrasonic sensors. The results show that the time the robot to reach the finish line fluctuates or has various time results for each trial. The conclusion of this experiment is that the Fuzzy Logic method can be applied to SAR robots. Based on the generated robot motion, the robot can move straight without any tendency to the right or left of the trajectory barrier.



Email: ryanyudhaadhitya@ppns.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 895 0666 1013

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dibidang robotika semakin berkembang pesat. Alat tersebut diciptakan untuk mempermudah dan menambah produktivitas manusia dalam kegiatan sehari-hari maupun industri. Saat ini kegiatan robotika dalam jenjang pendidikan tinggi, telah diwadahi dalam sebuah kompetisi untuk mengetahui perkembangan robot yang ada di Indonesia. Salah satunya adalah perlombaan tahunan yang diadakan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi dibawah naungan Puspresnas (Pusat Prestasi Nasional). Lomba tersebut bernama KRI (Kontes Robot Indonesia). Berbagai jenis robot diperlombakan, salah satu kategorinya adalah KRSRI (Kontes Robot SAR Indonesia). KRSRI atau Kontes Robot SAR Indonesia merupakan salah satu kategori yang mengkompetisikan robot penyelamat. Robot ini memiliki misi untuk menyelamatkan dan membawa korban pasca bencana ke tempat yang aman (*safety zone*).

Dalam pengoptimasian robot SAR, berbagai metode digunakan untuk mengoptimalkan performa robot agar bisa bergerak serta melakukan tindakan secara cepat dan akurat [1][2]. Dalam penelitian ini, dikembangkan robot penyelamat dengan menerapkan metode Logika Fuzzy Sugeno Orde Nol. Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki derajat keanggotaan dalam rentan 0 sampai 1. Logika Fuzzy di gunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistik). Logika Fuzzy banyak digunakan karena memiliki sistem kerja yang mirip dengan cara berpikir manusia.

Sistem *Fuzzy Logic* dapat mempresentasikan pengetahuan manusia dalam bentuk matematis dengan menyerupai cara berfikir manusia [3]. Logika fuzzy mempunyai sifat yang fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian serta memiliki kelebihan dalam proses penalaran secara bahasa sehingga mudah dimengerti. Logika fuzzy menerapkan logika yang mempresentasikan nilai samar, ketidakpastian, kebenaran sebagian atau degree of truth [4]. Dengan kebahasaan yang menyerupai manusia, sehingga memungkinkan keberadaan konsep dengan mengklasifikasikan suatu kondisi dalam bentuk "agak", "sedikit", "sedang", "sangat", dan sebagainya [5].

Dengan menerapkan logika *Fuzzy*, hasil pembacaan sensor diharapkan bisa lebih akurat serta meminimalisir error atau salah pembacaan pada kondisi nyata robot ketika sudah dijalankan pada arena atau lintasan. Kemudian, kecepatan pergerakan robot (baik itu motor DC, maupun motor servo) akan dikendalikan berdasarkan perbedaan jarak terhadap sisi kanan kiri robot dengan penghalang atau dinding lintasan. Penentuan keputusan untuk arah dan gerakan robot ke arah mana akan menggunakan kendali logika fuzzy yang telah dibuat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Robot KRSRI

Menurut *Robotics Institute of America* (RIA) robot adalah manipulator multifungsi yang dapat diprogram kembali dan dibuat untuk tujuan pemindahan material, komponen dan peralatan atau merupakan alat tertentu yang dikhususkan untuk dapat bergerak sesuai program yang diberikan agar dapat melakukan berbagai tugas tertentu [6]. Robot merupakan gabungan dari berbagai sisi, yaitu mekanikal, elektrik, serta program. Sehingga robot merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan antara ketiga bidang tersebut. Ketiga bidang tersebut saling berkaitan dan menunjang satu sama lain. Saat ada salah satu bidang yang performanya turun atau kurang maksimal, maka akan mempengaruhi keseluruhan performa robot tersebut. Penggunaan robot sudah sangat familiar digunakan di berbagai lini, baik itu dalam industry, medis, service robots, dan lain sebagainya.

Kontes Robot SAR Indonesia memiliki visi penyelamatan korban pasca terjadi bencana alam, dimana robot SAR ini diharapkan mampu mendukung teknologi yang membantu tim SAR dalam menyelamatkan korban di area medan yang sulit. Robot SAR dalam penelitian ini digerakkan menggunakan 4 buah lengan kaki dan memiliki 1 buah lengan penjepit untuk menyelamatkan dan membawa korban ke tempat yang aman (*safety zone*). Rintangan medan yang akan dilewati yaitu jalan miring, jalan pecah, jalan berpuing dan jalan berpuing sebagai ilustrasi kondisi



ril pasca bencana khususnya gempa. Robot SAR ini dapat bergerak dan membuat keputusannya sendiri menggunakan metode logika Fuzzy Sugeno Orde Nol.

2.2 Sensor Sharp

Sensor *Sharp* adalah merek dan jenis sensor jarak yang sering digunakan, khususnya dalam robotika dan otomasi, yang diproduksi oleh *Sharp Corporation*, yang berbasis di Jepang yang merupakan salah satu produsen utama sensor ini [7]. Sensor Sharp dapat digunakan untuk mengukur jarak dari sensor ke objek di depannya. Mereka bekerja berdasarkan prinsip pemantulan cahaya inframerah (IR). Sensor ini terdiri dari sebuah *emitter* (pemancar) dan sebuah *receiver* (penerima) cahaya inframerah. Cara kerja dari sensor sharp adalah sebagai berikut:

1. *Emitter* memancarkan sinar inframerah ke objek di depannya.
2. Cahaya inframerah tersebut dipantulkan kembali ke sensor jika ada objek di depannya.
3. *Receiver* menangkap cahaya inframerah yang dipantulkan tersebut.
4. Waktu yang diperlukan untuk cahaya inframerah kembali ke sensor akan dijadikan acuan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek.

Hasil keluaran dari sensor ini berupa tegangan analog yang berkorelasi dengan jarak dari objek yang terdeteksi. Semakin dekat objek dengan sensor, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan, dan sebaliknya.

Sensor sharp sangat berguna dalam pengaplikasian yang memerlukan deteksi jarak, seperti robot penghindar halangan, perangkat pengukur jarak, serta dalam bidang otomasi industri. Kelebihan dari sensor ini adalah ukuran yang relatif kecil, konsumsi daya yang rendah, dan kemampuannya untuk mendeteksi objek yang berbeda dengan akurasi yang cukup. Sensor sharp lebih responsif dan memiliki nilai akurasi yang lebih baik daripada sensor ultrasonik yang memanfaatkan gelombang suara [8].

2.3 Mikrokontroler STM32

STM32 merupakan mikrokontroler yang memiliki arsitektur 32bit yang diproduksi oleh perusahaan STMicroelectronics [9][10]. Mikrokontroler STM32 didasarkan pada arsitektur ARM Cortex-M, yang memiliki kinerja yang tinggi dan konsumsi daya yang rendah. Arsitektur Cortex-M membantu agar sistem lebih yang efisien dan andal dengan kemampuan pemrosesan data real-time [11]. Pemilihan mikrokontroler STM32 pada Robot KRSRI milik PPNS karena memiliki kelebihan seperti kinerja yang handal, pengembangan yang baik, serta berbagai pilihan model dan harga yang sesuai dengan berbagai kebutuhan.

STM32 menggunakan inti prosesor berbasis arsitektur ARM Cortex-M seperti Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4, atau Cortex-M7 yang memiliki kemampuan pemrosesan berbeda sesuai pengaplikasiannya. Clock speed yang dimiliki oleh STM32 beragam hingga beberapa ratus mega hertz. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan berbagai macam memori termasuk flash memori untuk menyimpan program dan SRAM untuk menyimpan data. STM32 dilengkapi dengan berbagai peripheral seperti UART, SPI, I2C, ADC, PWM, dan banyak lagi, yang memungkinkan koneksi dengan perangkat eksternal dan berbagai sensor. Tersedia perangkat lunak pendukung seperti STM32 cube untuk konfigurasi dan pengembangan yang menyediakan *source code*, konfigurasi peripheral dan alat lain yang memudahkan pengembangan aplikasi,

2.4 Motor Servo

Motor servo adalah jenis motor listrik yang memiliki kemampuan untuk mengontrol posisi sudut atau kecepatan output porosnya dengan presisi tinggi. Motor ini biasanya digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kontrol gerakan yang tepat, seperti robotika, sistem kamera, drone, mekanisme otomatis, dan berbagai peralatan lainnya. Cara kerja motor servo didasarkan pada prinsip umpan balik atau feedback loop yang memungkinkan motor untuk memperbaiki posisi outputnya berdasarkan perbedaan antara posisi yang diinginkan dan posisi aktual. Keuntungan utama dari motor servo adalah akurasi dan presisi gerakan yang tinggi, serta kemampuan untuk mempertahankan posisi yang diinginkan bahkan dalam beban yang berubah [12]. Hal ini membuatnya menjadi pilihan yang ideal dalam banyak aplikasi yang memerlukan kontrol gerakan yang cermat dan stabil.

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



Dalam robot SAR ini, motor servo digunakan untuk mengatur sudut kaki serta penjepit yang ada pada robot SAR. Dua jenis motor servo yang digunakan adalah MX dan MG yang masing-masing diletakkan pada bagian kaki robot dan penjepit menyesuaikan beban tumpuannya.

2.5 Metode Logka Fuzzy Sugeno

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian[13]. Dimana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary 0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak. Logika Fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran bernilai keanggotaan antara 0 dan 1 atau dengan konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dalam pembuatan logika Fuzzy diperlukan beberapa langkah, yaitu pembentukan himpunan Fuzzy, aplikasi fungsi implikasi (Rules atau aturan), lalu defuzzifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini:



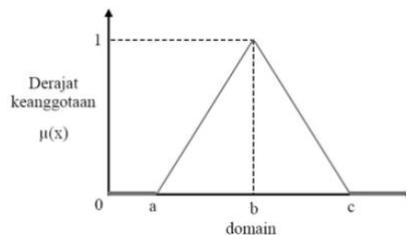
Gambar 1: Blok Diagram Logika Fuzzy

Pada proses pembentukan himpunan Fuzzy, semua variable baik itu input maupun output dikumpulkan dan dipetakan menjadi satu atau lebih himpunan Fuzzy. Fungsi keanggotaan himpunan Fuzzy merupakan susunan grafik yang merepresentasi besar dari derajat keanggotaan masing-masing variabel input yang berada dalam interval antara 0 dan 1. Derajat keanggotaan ini didefinisikan sebagai $\mu(x)$. Aturan-aturan menggunakan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot untuk menentukan pengaruhnya pada saat menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan.

Untuk menentukan nilai keanggotaan dapat dilakukan dengan menggunakan grafik fungsi berbentuk kurva linear, segitiga, maupun trapesium [4][5][6]. Penggunaan kurva tersebut disesuaikan dengan aturan serta fungsi logika Fuzzy yang akan digunakan. Model Sugeno mengembangkan pendekatan sistematis untuk membangun aturan samar dari himpunan data *input* dan *output*. Aturan samar pada model sugeno biasanya dinyatakan pada susunan:

Jika x adalah A ; dan y adalah B maka $z = f(x, y)$.

Dimana A dan B merupakan himpunan samar pada anteseden, dan $z = f(x, y)$ merupakan fungsi keanggotaan pada konsekuen $f(x, y)$ biasanya merupakan polinomial pada variabel masukan x dan y , tetapi dapat berupa fungsi. Pada penentuan anggota himpunan Fuzzy, digambarkan dalam beberapa jenis kurva. Jenis kurva yang dapat dipakai untuk merepresentasikan aturan-aturan pada fuzzy antara lain dapat ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2: Representasi Segitiga [2][3]

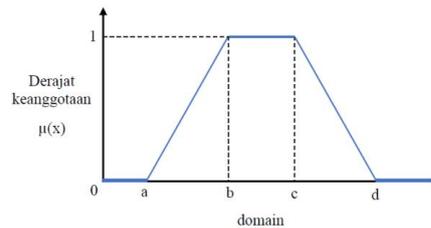


Pada Gambar di atas, fungsi keanggotaan dengan kurva berbentuk segitiga dapat dituliskan dalam persamaan (1) berikut ini:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq c \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan:

- a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- c = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan Fuzzy)



Gambar 3: Representasi Trapesium

Pada Gambar 3 di atas menunjukkan fungsi keanggotaan dengan kurva berbentuk trapesium dapat dituliskan dalam persamaan (2) berikut ini [13][14]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ dan } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b < x < c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2)$$

Keterangan:

- a = derajat keanggotaan nol
- b = derajat keanggotaan satu
- c = derajat keanggotaan satu
- d = derajat keanggotaan nol
- x = input yang akan diubah kedalam bilangan Fuzzy

Setelah pemetaan input dan output, maka akan dilanjutkan dengan penerapan fungsi implikasi atau rules dari logika Fuzzy tersebut. Aturan-aturan ini akan menentukan respon dari sistem terhadap berbagai kondisi yang di hadapi oleh robot. Besar set poin yang diambil secara acak dari pembatas lintasan, posisi ini diatur pada setiap sensor. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah sebagai berikut:

Jika x adalah A , maka y adalah B . Dimana x dan y adalah skalar, A dan B adalah himpunan Fuzzy. Proposisi yang mengikuti "jika" disebut sebagai antesenden sedangkan proposisi yang mengikuti "maka" disebut konsekuen. Aturan yang disusun ini disesuaikan dengan kondisi atau keadaan nyata pada robot. Sehingga untuk total keseluruhan rules diperoleh dari perkalian total input dan output.

Langkah terakhir adalah defuzzifikasi. Input dari proses defuzzifikasi adalah himpunan Fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi. Defuzzifikasi dilakukan dengan mengolah data tersebut menggunakan metode *Weight Average*. Metode ini mengambil rata-rata dengan menggunakan nilai derajat keanggotaan dari proses komposisi fuzzyset menggunakan Model Sugeno sebelumnya.



$$WA = \frac{a_1z_1+a_2z_2+a_3z_3+\dots+a_nz_n}{a_1+a_2a_3+\dots+a_n} \tag{3}$$

Keterangan:

WA = Nilai rata-rata

a_n = Nilai predikat aturan ke-n

z_n = Indeks nilai output (konstanta) ke-n

Sehingga jika diberikan suatu himpunan Fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output

2.5 Metode Logka Fuzzy Sugeno Orde Nol

Logika Fuzzy Sugeno Orde Nol biasanya terjadi ketika nilai f merupakan konstanta, maka sistem inferensi samarnya disebut model samar Sugeno orde 0. Secara umum bentuk model Fuzzy Sugeno Orde-Nol dapat ditunjukkan pada persamaan (4) berikut ini:

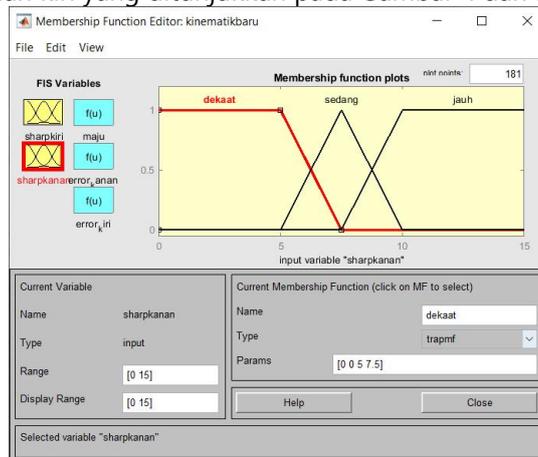
$$if (x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot (x_3 \text{ is } A_3) \cdot (x_n \text{ is } A_n) , Then z = k. \tag{4}$$

Dengan A_i adalah himpunan Fuzzy ke-i sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Metode Fuzzy Logic

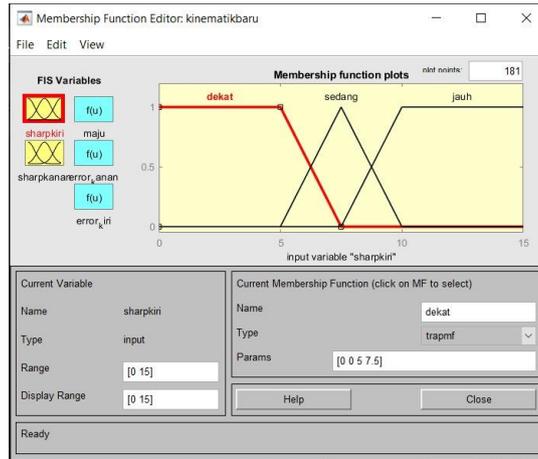
Dalam penelitian ini robot KRSRI menggunakan metode fuzzy logic sugeno yang disimulasikan pada software matlab. Dalam perancangan fuzzy logic pada robot KRSRI ini, terdapat 2 input variabel data yang didapat dari sensor *sharp* kanan dan kiri sebagai sensor jarak dari robot KRSRI. Berikut adalah tampilan dari fungsi keanggotaan sensor *sharp* kanan dan kiri yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5:



Gambar 4: Fungsi keanggotaan sensor sharp kanan

Input sharp kanan pada Gambar 3.1 memiliki tiga membership function yaitu dekat, sedang, dan jauh. Dari ketiga membership function kita tarik range sebesar 15. Nilai tiap membership function yaitu dekat [0 0 5 7.5], sedang [5 7.5 10], dan jauh [5 7.5 10 10].

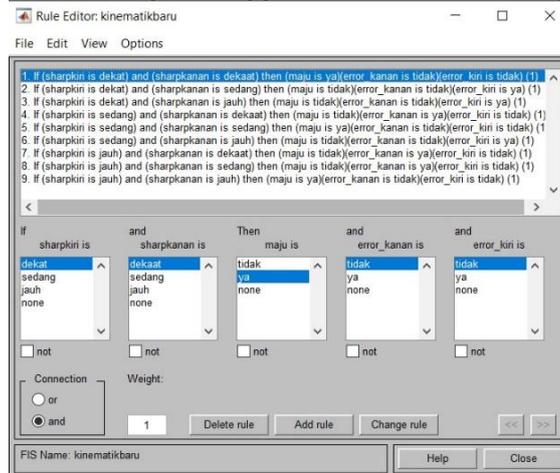




Gambar 5: Fungsi keanggotaan sensor sharp kiri

Input sharp kiri pada Gambar 3.2 memiliki tiga membership function yaitu dekat, sedang, dan jauh. Dari ketiga membership function kita tarik range sebesar 15. Nilai tiap membership function yaitu dekat [0 0 5 7.5], sedang [5 7.5 10], dan jauh [5 7.5 10 10].

Setelah fungsi keanggotaan setiap input dan output sudah ditentukan selanjutnya yaitu membuat rules atau aturan-aturan yang akan menentukan respon dari sistem terhadap kondisi yang dihadapi oleh robot. Berikut adalah tampilan dari rules yang sudah dibuat dari fungsi keanggotaan input dan output yang ditunjukkan pada Gambar 3.2:



Gambar 3.3 Rules dari fungsi keanggotaan input dan output.

Rules yang dihasilkan dari membership function input dan output terdapat sembilan rules di antara lain yaitu:

1. If (sharpkiri is dekat) and (sharpkanan is dekaat) then (maju is ya)(error_kanan is tidak)(error_kiri is tidak).
2. If (sharpkiri is dekat) and (sharpkanan is sedang) then (maju is tidak)(error_kanan is tidak)(error_kiri is ya).
3. If (sharpkiri is dekat) and (sharpkanan is jauh) then (maju is tidak)(error_kanan is tidak)(error_kiri is ya).
4. If (sharpkiri is sedang) and (sharpkanan is dekaat) then (maju is tidak)(error_kanan is ya)(error_kiri is tidak).
5. If (sharpkiri is sedang) and (sharpkanan is sedang) then (maju is ya)(error_kanan is tidak)(error_kiri is tidak).
6. If (sharpkiri is sedang) and (sharpkanan is jauh) then (maju is tidak)(error_kanan is tidak)(error_kiri is ya).
7. If (sharpkiri is jauh) and (sharpkanan is dekaat) then (maju is tidak)(error_kanan is ya)(error_kiri is tidak).



- 8. If (sharpkiri is jauh) and (sharpkanan is sedang) then (maju is tidak)(error kanan is ya)(error kiri is tidak).
- 9. If (sharpkiri is jauh) and (sharpkanan is jauh) then (maju is ya)(error kanan is tidak)(error kiri is tidak).

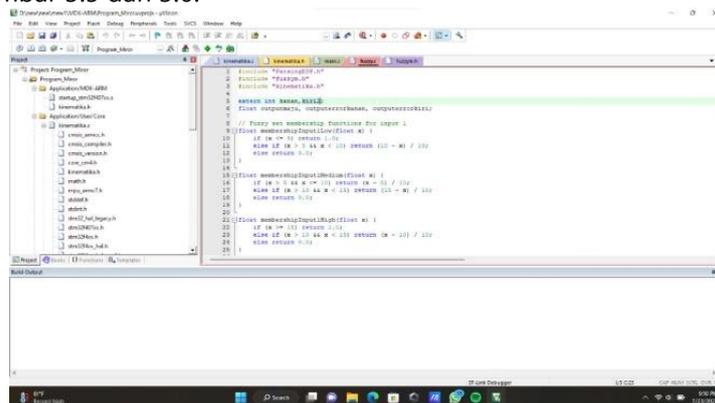


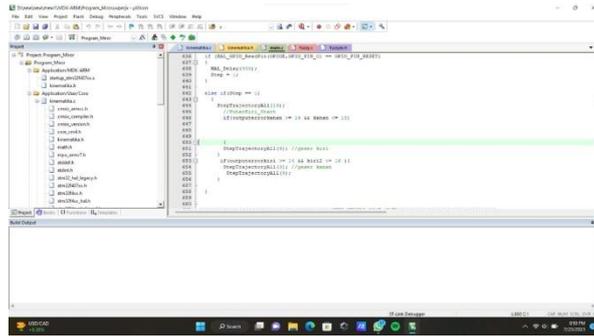
Gambar 3.4 hasil rule viewer fuzzy

Setelah rule dibuat berdasarkan input dan output, simulasi fuzzy dapat dijalankan dengan rule viewer seperti pada Gambar 3.4 diatas yang dapat diatur inputnya dengan menyesuaikan angkanya pada nilai range membership function dan akan ditampilkan output dari hasil.

3.2 Pemrograman

Arsitektur fuzzy yang telah dibuat dilakukan uji coba dengan memasukkan persamaan fuzzy ke dalam pemrograman robot. Dimana program tersebut menggunakan keil dengan 3 kondisi untuk input yaitu sharp kiri dan sharp kanan dengan pengkategorian fuzzyfikasi dekat, sedang dan jauh. Output yang digunakan antara lain lurus, error kanan, error kiri dengan 2 kondisi “ya” atau “tidak”. Jika robot ke kiri maka output error kirinya akan bernilai “tidak” untuk mengatasi agar robot mengarah kembali ke kanan. Begitupun sebaliknya jika robot ke kanan maka output error kanannya akan bernilai “tidak”, untuk mengatasi agar robot mengarah kembali ke kiri. Program keil Fuzzy ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan 3.6.





Gambar 3.6 Program keil Main.c

Program keil pada Gambar 3.5 dan 3.6 dengan bahasa C digunakan untuk menggerakkan semua sensor yang ada pada robot SAR, mengatur jalannya robot atau kinematika robot serta untuk menjalankan metode fuzzy Sugeno pada pergerakan robot SAR.

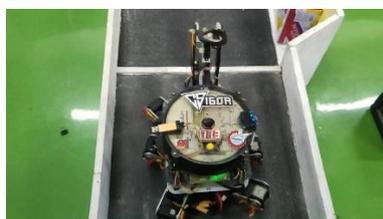
3.3 Hasil Pengujian

Pada pengujian robot SAR berkaki enam ini menggunakan lintasan lurus dengan panjang 1 meter. Lintasan memiliki dimensi panjang 150cm dan lebar 50 cm yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7 Lintasan uji coba robot.

Variasi pengujian dilakukan dengan mengubah posisi sudut robot di awal pengoperasian beberapa sudut awal pada robot yaitu 60°, 75°, 90°, 105°, dan 120°. Salah satu contoh posisi awal robot dapat ditunjukkan pada Gambar 3.8 di bawah ini:



Gambar 3.8 Pengujian robot dengan sudut awal 90°.



Waktu tempuh robot SAR dicatat terhitung dari awal lintasan hingga robot SAR melewati akhir lintasan. Hasil pengujian robot dengan sudut awal yaitu 60°, 75°, 90°, 105°, dan 120° ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini:

TABEL I : HASIL PENGUJIAN ROBOT

Percobaan ke-	Sudut Awal Robot	Waktu Tempuh	Keberhasilan
1	60°	20,3 detik	Berhasil
2	75°	19,5 detik	Berhasil
3	90°	17,5 detik	Berhasil
4	105°	19,7 detik	Berhasil
5	120°	26,1 detik	Berhasil

Berdasarkan Tabel 1 di atas, waktu tempuh tercepat didapatkan ketika sudut awal robot berada pada posisi 90° dengan waktu tempuh 17,5 detik. Sedangkan waktu tempuh terlama yaitu 26,1 detik dengan sudut awal robot 120°.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari sistem Logika Fuzzy orde nol yang telah digunakan adalah Robot bisa bergerak maju sesuai dengan kondisi pembatas lintasan yang ada di kiri kanan robot tanpa mengalami kecenderungan ke arah tertentu. Sehingga gerak robot yang dihasilkan adalah bisa berjalan lurus dan tidak berbelok ke arah yang tidak sesuai dengan lintasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setyawan, D. E. (2019). Sistem Robot Penyelamat Menggunakan Metode Deteksi Viola-Jones untuk Membantu Tim Penyelamat Menemukan Korban Bencana. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 27-32.
- [2] Firmansyah, R. A., & Odinanto, T. (2017, October). Simulasi Pengenalan Pola Ruang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Aplikasi Sistem Lokalisasi Robot Rescue. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (Vol. 2017, pp. B85-B90)*.
- [3] Budiharto, Widodo dan S. Derwin. "Artificial Intelligence konsep dan penerapannya", Yogyakarta: Andi, 2014.
- [4] R. Wahyudi, "Kontrol Kecepatan Robot Hexapod Pemadam Api menggunakan Metoda Logika Fuzzy", *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp 227-234, 2015.
- [5] D. L. Rahakbauw, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan," *Barekeng:Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 9, no. 2, pp. 121-134, 2015.
- [6] Coronado, Enrique, dkk. "Evaluating quality in human-robot interaction: A systematic search and classification of performance and human-centered factors, measures and metrics towards an industry 5.0.", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 63, pp. 392-410, 2022.
- [7] Deng, Yinan, et al. "SEE-CSOM: Sharp-Edged and Efficient Continuous Semantic Occupancy Mapping for Mobile Robots." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* (2023).
- [8] HANA, Ahmad Nurul; SUPRIYADI, Slamet; MUKHTAR, Agus. Analisa Kinerja Sensor Inframerah Sharp Gp2y0a21 Dan Ultrasonik Hc-Sr04 Konsep Deteksi Halangan Pada Robot Otonom Berkaki Penyemprot Disinfektan KRI 2020. In: *Proceeding Science and Engineering National Seminar. 2020*. p. 305-309.
- [9] BROWN, Geoffrey. *Discovering the STM32 microcontroller*. Cortex, 2012, 3.34: 64.
- [10] Jacko, P., Bereš, M., Kováčová, I., Molnár, J., Vince, T., Dziak, J., ... & Kováč, D. (2022). Remote IoT Education Laboratory for Microcontrollers Based on the STM32 Chips. *Sensors*, 22(4), 1440.
- [11] Khatibul Umam, Haryanto dan Riza Alfita. Rancang Bangun Robot Pembersih Kaca Otomatis Berbasis Mikrokontroler ARM STM32 dengan Sensor Proximity. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*. 2019, 2(1):24-29.
- [12] ROIS'AM, Kemalasari; SUMANTRI, Bambang; WIJAYANTO, Ardik. Pengaturan Posisi Motor Servo DC Dengan Metode Fuzzy Logic. *Metode*, 2010, 1: 2.1
- [13] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan", Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [14] L. Fatihan, "Sistem Kendali Robot Pemadam Api Quadruped Dengan Metode Fuzzy Logic," *Tugas Akhir*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2018.

