

Otomatisasi Navigasi penghindar Obstacle pada Mobile Robot dengan Metode Fuzzy Sugeno dan Mikrokontroler Arduino

Robby Yuli Endra, Yuthsi Aprilinda, Ahmad Cucus, Fenty Ariani, Erlangga, Dian Kurniawan

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Bandar Lampung
Bandar Lampung, Indonesia

robby.yuliendra@ubl.ac.id, yuthsi.aprilinda@ubl.ac.id, ahmad.cucus@ubl.ac.id, fenty.ariani@ubl.ac.id,
erlangga@ubl.ac.id, dian.15421019@student.ubl.ac.id

Abstrak-Teknologi Robotika merupakan teknologi yang harus dikembangkan untuk membantu pekerjaan manusia, salah satunya adalah mobile robot, permasalahan yang ada saat ini mobile robot belum memiliki fitur yang akurat untuk menghindari obstacle. Tujuan Penelitian ini adalah mengembangkan kemampuan pada mobile robot untuk penghindar obstacle dengan menggunakan logika fuzzy Sugeno, sehingga akan didapat peningkatan kemampuan dan akurasi pada sebuah mobile robot. Ada beberapa komponen utama yang ada di mobile robot diantaranya adalah arduino uno r3 sebagai board utamanya, driver motor shield sebagai pelindung dan mempermudah untuk konfigurasi pin, motor DC sebagai actuator, sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak, bluetooth module HC-05 sebagai input remote. fuzzy logic Sugeno sebagai logika pengambil keputusan, dari hasil data rulebase fuzzy yang peneliti dapatkan dari matlab, lalu di implementasikan kedalam source code arduino berupa logika decision atau keputusan IF THEN, dari fuzzy logic ini sendiri hasilnya cukup baik karena keluarannya sesuai dengan rulebase yang dibuat, sehingga semakin baik rule base, semakin baik pula sistemnya. Manfaat dari penelitian ini adalah Mobile robot yang dikembangkan dapat menghindari obstacle dengan baik sehingga mobile robot dapat diuji serta diimplementasikan untuk membantu kebutuhan manusia.

Kata Kunci: Fuzzy, Fuzzy Sugeno, Mobile robot, Fuzzy logic

1. Pendahuluan

Dunia saat ini sedang masuk di perkembangan teknologi yang masif, Revolusi Industri 4.0 menjadi konsep perkembangan teknologi. Dengan berkembang teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, *Artificial Intelligence*, *Cloud Computing*, *Robotica* dan lainnya memudahkan industri untuk melakukan kegiatan rutin dengan efektif dan efisien[1]. Salah satu teknologi muktahir saat ini yang menjadi alternatif untuk membantu manusia adalah dengan mengembangkan teknologi robotika. Salah satu contoh pekerjaan manusia yang dapat dilakukan oleh sebuah robot adalah penjinakan bom, pendeteksi kebakaran, pengawasan dan monitoring keamanan yang tentunya pekerjaan tersebut dapat membantu pekerjaan manusia. Tetapi dengan menyisipkan teknologi kebaruan pada robot tersebut, tentunya akan membantu pekerjaan agar berjalan dengan baik. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *Internet of Things (IoT)*. IoT merupakan komunikasi antara benda dengan benda dengan bantuan internet. Perangkat-perangkat yang terhubung di embed atau disematkan untuk berkomunikasi, sehingga menghasilkan komunikasi

untuk mengerjakan pekerjaan sesuai dengan instruksi yang sudah di program [2].

Selain itu definisi dari *Internet Of Things* adalah segala kegiatan pelakunya saling berinteraksi dengan memanfaatkan internet, serta memungkinkan untuk menghubungkan peralatan, mesin atau benda fisik dengan jaringan sensor dan aktuator untuk mengelola data serta menghasilkan informasi baru yang diperoleh secara independen[3].

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan riset pada *Mobile robot* yang dimasukan teknologi *Internet of things* serta mengkolaborasi dengan algoritma logika *Fuzzy* dengan menggunakan metode *Fuzzy sugeno*. *Mobile robot* adalah merupakan sebuah robot yang memiliki karakteristik pada dirinya yaitu menggunakan akuator. Akuator sendiri adalah roda yang ada di *Mobile robot* tersebut sebagai penggerakan seluruh badan yang ada pada *Mobile robot* tersebut. Tujuan dari adanya akuator tersebut pada *Mobile robot* adalah agar robot tersebut dapat melakukan perpindahan dari sebuah vektor atau titik satu sampai ke titik yang lain.

Dalam sebuah *Mobile robot* terdapat banyak komponen seperti mikrokontroler sebagai alat kontrol, sebagai alat input menggunakan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur jarak apabila ada objek di *Mobile robot* tersebut, selain itu alat input yang lain adalah kamera sebagai mata dari *Mobile robot* tersebut. Untuk komponen penggerak akuator menggunakan dinamo Dc, serta motor *driver shield* untuk penghubung antara mikrokontroler dan ke dinamo dc. Pada *Mobile robot* pada penelitian ini di tambahkan fitur untuk navigasi menghindari rintangan atau *obstacle* dengan menggunakan algoritma logika *Fuzzy*. Pada *Mobile robot* sebelumnya, robot tersebut belum responsive menghindari objek sebagai *obstacle* sehingga robot tersebut menabrak *obstacle* yang ada didepannya. *Fuzzy* merupakan bagian dari soft computing dan memiliki banyak jenis, seperti *Fuzzy Inference System* yang memiliki metode mamdani, Tsukamoto dan sugeno dan pada penelitian ini masing-masing bagian dari *Fuzzy Inference System* dapat mendukung dalam mengambil keputusan baik dalam penentuan persentase beasiswa[4] dan penentuan keputusan untuk program studi di kampus[5]. Pada penelitian lain menemukan sistem *Fuzzy* pada sistem yang lebih kompleks pada sebuah robot[6].

Pada Penelitian terdahulu ada beberapa hasil penelitian, yaitu Pada Penelitian ini membahas Sistem kendali Autonomous menggunakan Logika *Fuzzy* pada mobile robot, dari hasil penelitian itu didapat hasil dari simulasi robot sebesar 100 persen untuk mendapatkan jalur bebas hambatan dan menghindari rintangan[7]. Pada penelitian

ini dijelaskan untuk merancang sebuah robot dengan menggunakan mikrokontroler arduino, sehingga robot dapat bergerak secara dinamis dan otonom sehingga robot dapat menghindari rintangan dengan baik[8]. Pada penelitian yang lain *Mobile robot* dibuat agar memiliki kemampuan untuk navigasi serta menghindari dari rintangan serta dapat melakukan konfigurasi sendiri apabila terdapat lingkungan yang berbeda. Pada robot mobile tersebut ditanamkan sensor untuk dapat mengetahui kondisi pada lingkungan tertentu yaitu menggunakan sensor yang terdapat pada kinect yaitu sensor 3 Depth Sensor[9]. Penelitian tersebut didukung dengan penelitian ini *Fuzzy* logic dapat digunakan untuk solusi design yaitu melakukan navigasi lokal, Navigasi global, perencanaan jalur serta kontrol kecepatan robot [10]. Pada penelitian lain dibahas tentang tantangan dibidang robotika permasalahan yang disebutkan adalah penghindaran rintangan dan penghematan energi dan dari hasil penelitian tersebut bahwa masalah pada navigasi *Mobile robot* dapat diatasi dengan menggunakan sistem inferensi logika *Fuzzy*[11]. *Mobile Robot* dapat dikontrol dengan menggunakan jaringan Komunikasi Mobile GSM hal ini dapat berguna apabila sesuatu kondisi tidak dapat dilakukan oleh manusia, sehingga *Mobile Robot* dapat membantu hal tersebut[12].

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengembangkan kemampuan pada *Mobile robot* untuk penghindar *obstacle* dengan menggunakan logika *Fuzzy* Sugeno, sehingga akan didapat peningkatan kemampuan dan akurasi pada sebuah *Mobile Robot*.

2. Metodologi

A. Tahap Penelitian

1. Tahap Pertama yaitu masuk ke Perencanaan Kegiatan yang dilakukan pada tahap perencanaan ini adalah
 - a. Membuat Design *Mobile robot* yang akan di rancang oleh peneliti.
 - b. Menyiapkan instrumen yang akan digunakan untuk bahan penelitian ini.
2. Tahap kedua yaitu Masuk ke Pelaksanaan Kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan ini adalah
 - a. Melakukan studi pustaka untuk melakukan penelitian ini.
 - b. Melakukan analisis kebutuhan dan tahap design pada penelitian ini.
3. Tahap Ketiga yaitu Tahap Evaluasi Kegiatan pada tahap ketiga adalah tahap analisis data dan mengelolah data dengan menggunakan metode yang sudah ditentukan.
4. Tahapan keempat yaitu Penyusunan Laporan Setelah tahap 1, tahap 2 dan tahap 3 selesai dilakukan maka tahap yang terakhir yang dilakukan adalah tahap penyusunan laporan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dokumentasi.

B. Instrumen penelitian

Dalam penelitian ini Instrumen yang digunakan untuk melakukan pengembangan *Mobile robot* ini adalah berupa

rule base dari *Fuzzy logic*. Adapun prosedur yang dilakukan dalam penyusunan instrumen ini adalah:

Untuk melakukan tahap perencanaan pada *rule base* yang dilakukan peneliti yaitu :

Dalam tahap ini ditentukan mengenai :

1. Beberapa kemungkinan navigasi yang akan dilakukan oleh *Mobile robot* jika menemui *obstacle*.
2. Berapa besaran PWM yang akan diberikan ke dinamo agar dapat menghindar dari *obstacle*.
3. Berapa besaran PWM yang akan diberikan ke dinamo agar dapat mengikuti objek.

C. Pengumpulan Data

Untuk perancangan dan pengembangan *Mobile robot* menggunakan *Fuzzy* sugeno pada penelitian ini dilakukan dengan dua metode yaitu :

1. Studi pustaka

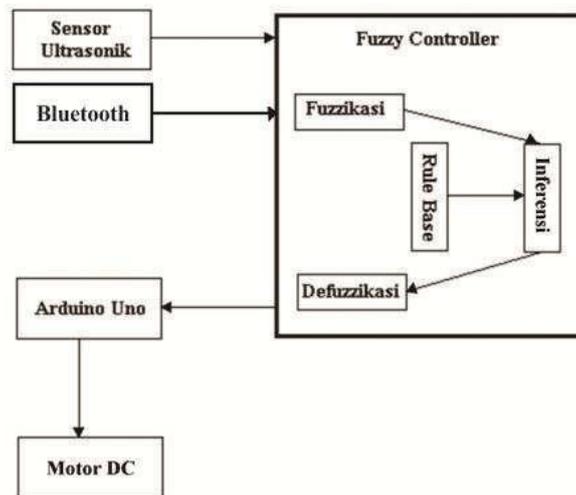
Pada pengumpulan data dipenelitian ini pada tahap studi pustaka yaitu mencari data-data penelitian di buku atau ebook, membaca jurnal-jurnal, pencarian di website yang ada diinternet serta mencari dokumen yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Contoh mengenai Logika *Fuzzy* untuk mengontrol otomatisasi navigasi mobile robot, Mengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik, *Mobile robot* menggunakan sensor ultrasonik, Arduino Uno untuk mengontrol sistem otomatisasi.

2. Observasi

Pengumpulan data menggunakan metode Observasi yaitu menguji karakteristik *Mobile robot* serta mencatat. Serta menguji coba perangkat seperti sensor ultrasonik, mikrokontroler dan kamera sehingga pada saat proses pengembangan *Mobile robot* alat-alat tersebut sudah berjalan sesuai kebutuhan.

D. Rancangan penelitian

Untuk mempermudah pengembangan *Mobile robot* dengan menggunakan Logika *Fuzzy*, tentunya perlu dirancang atau tahap-tahap yang harus dilakukan dalam penelitian.



Gambar 1. Blok Diagram Mobile Robot

E. Metode Fuzzy Sugeno

Dalam perancangan sistem *Fuzzy Logic Sugeno* memiliki beberapa bagian utama dalam pembuatan struktur dasar sistem kendali *Fuzzy*, yaitu :

1. Fuzzifikasi

Merupakan proses yang menghasilkan variabel linguistik dengan cara mengubah input sistem yang memiliki nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang akan diletakkan dalam *rule base* pada *Fuzzy sugeno*. Dan berdasarkan dataset yang peneliti dapat melalui situs resmi vendor pembuat sensor ultrasonik, didapatkan bahwa

jarak optimal terjauh sensor ultrasonik yang peneliti gunakan hanya sebatas 400cm dan jarak terdekat yang dapat ditangkap adalah 2cm. Dan berikut adalah contoh data dari fuzzifikasi pada *Mobile robot* .

2. Rule Base

Dalam perancangan *Fuzzy logic* dibutuhkan rulebase sebagai parameter keputusan yang akan di ambil, yaitu pembentukan basis aturan *Fuzzy* (Rule dalam bentuk IF THEN). Dan pada *Mobile robot* ditentukan *rule base* yang menjadi basis aturan logika, berikut adalah rulebase nya :

Tabel 1 Rule base *Fuzzy Logic*

Sensor Ultrasonik			% PWM Motor	
Kiri	Depan	Kanan	Kiri	Kanan
Dekat	Dekat	Dekat	Berhenti	Berhenti
Dekat	Dekat	Sedang	Pelan	Berhenti
Dekat	Dekat	Jauh	Pelan	Berhenti
Dekat	Sedang	Dekat	Pelan	Pelan
Dekat	Sedang	Sedang	Cepat	Pelan
Dekat	Sedang	Jauh	Cepat	Pelan
Dekat	Jauh	Dekat	Sedang	Sedang
Dekat	Jauh	Sedang	Cepat	Sedang
Dekat	Jauh	Jauh	Cepat	Sedang
Sedang	Dekat	Dekat	Sangat Pelan	Sedang
Sedang	Dekat	Sedang	Sedang	Berhenti
Sedang	Dekat	Jauh	Sedang	Berhenti
Sedang	Sedang	Dekat	Pelan	Sedang

Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Sedang	Sedang	Jauh	Sedang	Kecil
Sedang	Jauh	Dekat	Sedang	Cepat
Sedang	Jauh	Sedang	Sedang	Sedang
Sedang	Jauh	Jauh	Cepat	Sedang
Jauh	Dekat	Dekat	Berhenti	Sedang
Jauh	Dekat	Sedang	Berhenti	Sedang
Jauh	Dekat	Jauh	Berhenti	Sedang
Jauh	Sedang	Dekat	Pelan	Cepat
Jauh	Sedang	Sedang	Pelan	Cepat
Jauh	Sedang	Jauh	Sedang	Sedang
Jauh	Jauh	Dekat	Sedang	Cepat
Jauh	Jauh	Sedang	Sedang	Cepat
Jauh	Jauh	Jauh	Cepat	Cepat

3. Contoh Perhitungan perbandingan jarak *Fuzzy Sugeno*

Yaitu proses perhitungan untuk membandingkan jarak antara sensor ultrasonik/jarak yang berada di depan, kanan dan kiri pada *Mobile robot* untuk mengambil keputusan. Pada kasus ini pengambilan keputusan akan mengutamakan sensor jarak yang depan terlebih dahulu untuk mengambil keputusan dan membandingkan sensor jarak yang kanan dan kiri pada *mobile robot*.

Contoh rulebase :

- [1] Jika nilai sensor jarak depan \leq dekat && sensor kanan $<$ nilai sensor kiri maka belok kiri/motor kanan berputar maju.
- [2] Jika nilai sensor jarak depan \leq dekat && sensor kanan $>$ nilai sensor kiri maka belok kanan/motor kiri berputar maju.
- [3] Jika nilai sensor jarak depan $>$ dekat maka motor kiri dan motor kanan berputar maju.
- [4] Jika nilai sensor jarak depan \leq dekat && sensor kanan = nilai sensor kiri maka motor kanan berputar mundur dan motor kiri berputar maju.

Contoh perhitungan : Nilai sensor depan = 25 Nilai sensor kiri = 30 Nilai sensor kanan = 32

3. Hasil dan Pembahasan

Mobile robot merupakan sebuah konstruksi robot yang cirri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat berpindah posisi dari titik satu ke titik lainnya. Dalam pengembangan *Mobile robot* banyak sekali yang dapat di kembangkan dan disini peneliti mengembangkan navigasi otomatis menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* sebagai sistem pengambil keputusan dari sistemnya, dan juga peneliti menerapkan sistem kendali manual yang dapat meremote robot *mobile* tersebut menggunakan koneksi *Bluetooth*.

Adapun komponen dasar dalam robot *mobile* adalah sebagai berikut

$$\text{Sensor depan } \mu_{\text{dekat}} [25] = (60-25) / (60-15) = 0,77$$

$$\mu_{\text{sedang}} [25] = (25-15) / (60-15) = 0,23$$

$$\text{Sensor kiri } \mu_{\text{dekat}} [30] = (60-30) / (60-15) = 0,66$$

$$\mu_{\text{sedang}} [30] = (30-15) / (60-15) = 0,34$$

$$\text{Sensor kanan } \mu_{\text{dekat}} [32] = (60-32) / (60-15) = 0,63$$

$$\mu_{\text{sedang}} [32] = (32-15) / (60-15) = 0,37$$

Dari perhitungan diatas dapat di ambil kesimpulan bahwa *Mobile robot* akan belok ke kanan, karena mengambil nilai presentase terbesar sensor jarak masing-masing. Pertama sensor bagian depan jaraknya dekat dengan presentase 0,77 , setelah itu membandingkan sensor kiri 0,66 dekat dan sensor kanan 0,63 dekat. Dari data tersebut presentase sensor kiri lebih besar dekatnya. Sehingga *Mobile robot* mengambil keputusan untuk belok ke kanan karena presentase dekatnya lebih kecil.

4. Defuzzyfikasi

Merupakan proses untuk mengganti output *Fuzzy* yang didapatkan dari aturan inferensi pada *Fuzzy logic* dan nilai tersebut akan menjadi nilai tegas dengan memakai fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzifikasi.

Dalam sistem *mobile robot*, setelah proses mesin inferensi mengeluarkan output, lalu mengkonversi output *Fuzzy* tersebut menjadi nilai output untuk %PWM (*Pulse Width Modulation*) motor.

A. Aktuator

Aktuator dalam *Mobile robot* biasanya adalah sebuah roda yang digerakkan oleh dinamo, aktuator dalam *Mobile robot* sangat bervariasi tergantung dari segi kebutuhan pengembang, dapat memiliki 3 aktuator (3WD), 4 aktuator (4WD), bahkan ada yang hingga 6 aktuator atau hanya 2. Dan disini peneliti menggunakan 4 aktuator sebagai penggerak *Mobile robot* yang peneliti kembangkan.

B. Kontroler

Kontroler adalah sebagai otak dari sistem *Mobile robot* sehingga keberadaannya sangat penting. Kontroler menyimpan data yang berkaitan dengan *Mobile robot* baik

itu instruksi ataupun logika Artificial Intelligent (AI), dan kontroler dalam *Mobile robot* sangat banyak jenisnya tergantung dari kebutuhan dan pengembangan apa yang akan kita lakukan seperti Arduino mega, Arduino nano, dan contohnya disini peneliti menggunakan mikrokontroler Arduini Uno R3 yang menggunakan chip ATMEga 328P.

C. Catu Daya (Power Supply)

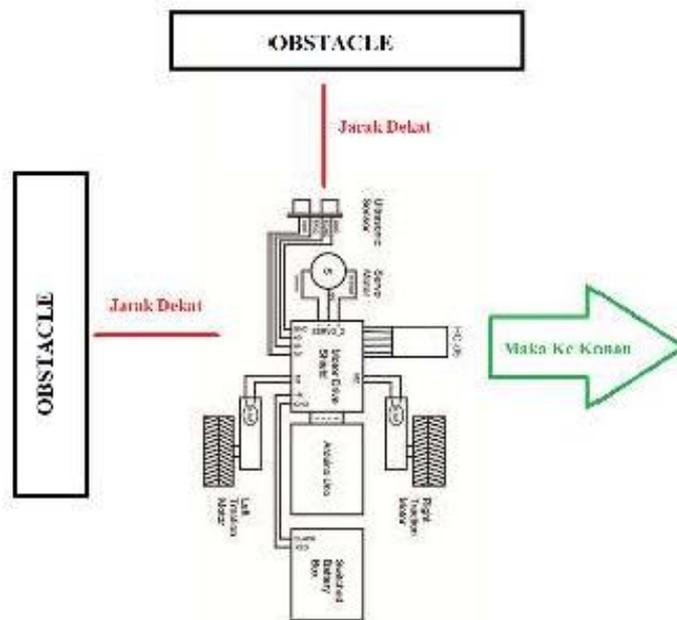
Power supply menjadi salah satu komponen utama yang ada di mobile robot, karena tanpa power supply, *Mobile robot* tidak memiliki sumber daya tenaga yang digunakan untuk menggerakkan dan menghidupkan sistemnya. Sumber daya yang dipakai juga seringkali menjadi masalah karena biasanya tergantung dari alat atau perangkat apa saja yang ditanamkan dalam pengembangan mobile robot, peneliti disini menggunakan power supply berupa power bank yang kapasitasnya 9000Mah dengan tegangan arus 5v, akan tetapi tegangan tersebut peneliti naikkan menjadi 6v menggunakan step up converter agar kinerja mikrokontroler dan distribusi sumberdayanya lancar ke komponen-komponen yang digunakan.

D. Media Masukkan (input)

Media masukkan peneliti masukkan ke dalam dasar komponen dasar *Mobile robot* karena menurut peneliti komponen ini adalah penting untuk *Mobile robot* yaitu berfungsi untuk fungsi dan navigasi yang akan dilakukan oleh mobile robot. Disini peneliti menggunakan 2 media input-an diantaranya adalah sensor ultrasonik dan juga module *Bluetooth* sebagai media input, dimana sensor ultrasonik berfungsi sebagai pengambil nilai jarak dan akan diinput sebagai nilai dan di jadikan nilai untuk system pengambil keputusan menggunakan *Fuzzy Sugeno* sebagai pengambil keputusan penghindar halangan. Dan module *Bluetooth* sebagai media input yang digunakan sebagai kendali manual menggunakan smartphone untuk meremote atau mengendalikannya.

A. Pengujian *Mobile robot* Menggunakan Sensor Ultrasonik (Penghindar Halangan)

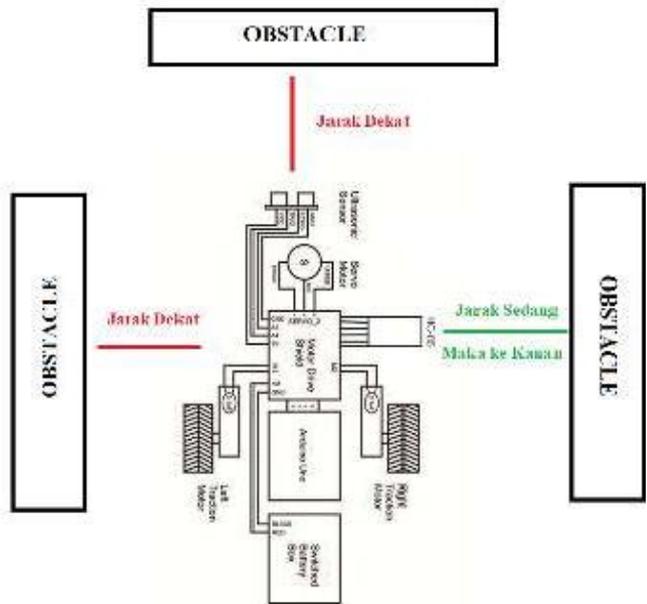
Setelah dilakukan pengujian lalu didapatkan data sebagai berikut, data penulis ilustrasikan menggunakan gambar agar lebih mudah dimengerti :



Gambar 2. Hasil Pengujian pertama

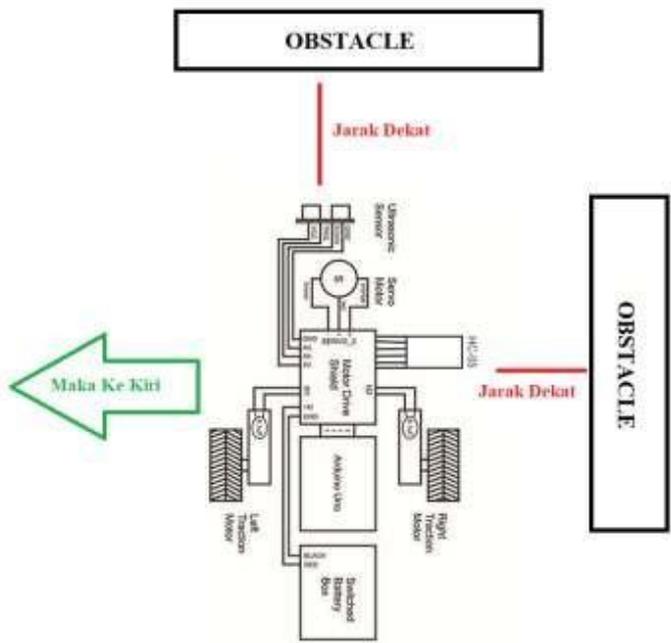
Berdasarkan gambar 2. dapat dilihat bahwa hasil pengujian, jika jarak bagian depan dan kiri *Mobile robot* lebih dekat ke *obstacle* dibandingkan yang sisi kanan, maka *Mobile robot* akan jalan belok ke arah kanan. Kemudian

Berdasarkan gambar 3. dapat dilihat bahwa hasil pengujian, jika jarak bagian depan dan kiri *Mobile robot* lebih dekat ke *obstacle* dibandingkan yang sisi kanan, maka *Mobile robot* akan jalan belok ke arah kanan.



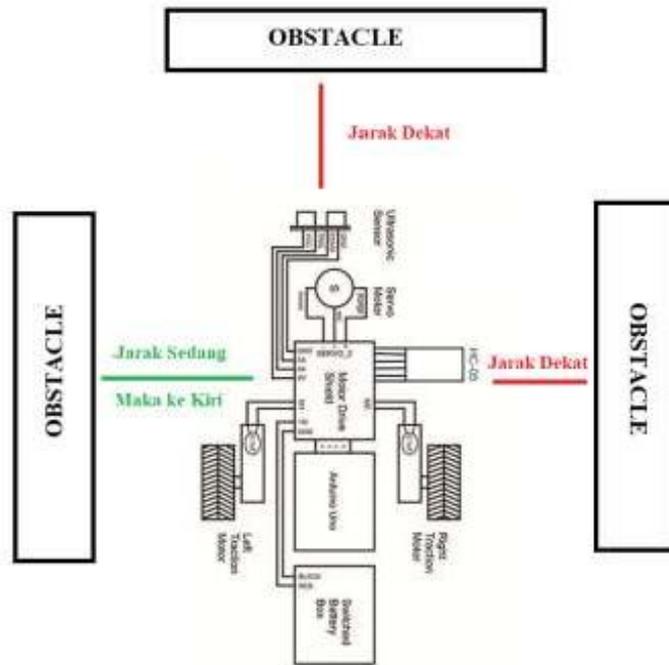
Gambar 3. Hasil Pengujian Kedua

Berdasarkan gambar 4. dapat dilihat bahwa hasil pengujian, jika jarak bagian depan dan kiri *Mobile robot* lebih dekat ke *obstacle* dibandingkan yang sisi kanan, maka *Mobile robot* akan jalan belok ke arah kanan.



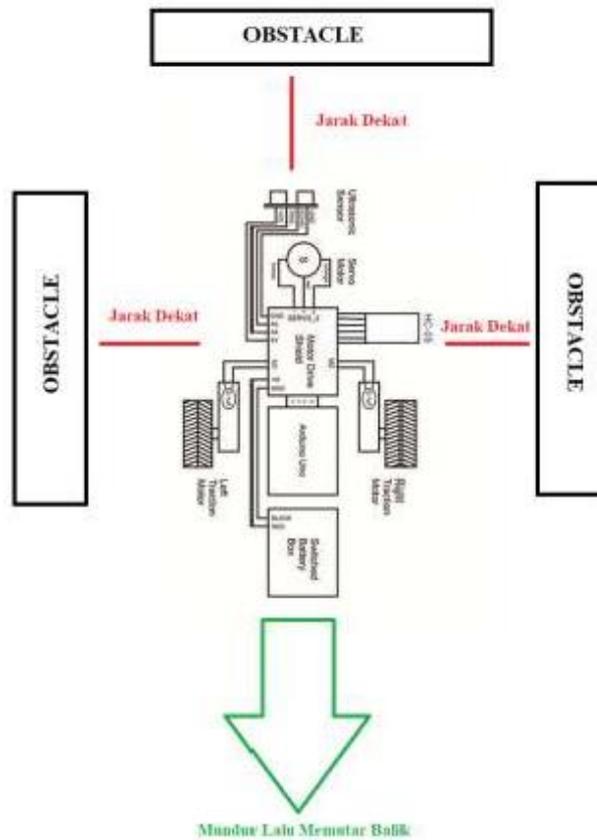
Gambar 4. Hasil Pengujian Ketiga

Berdasarkan gambar 5. dapat dilihat bahwa hasil pengujian, jika jarak bagian depan dan kanan *Mobile robot* lebih dekat ke *obstacle* dibandingkan yang sisi kiri, maka *Mobile robot* akan jalan belok ke arah kiri.



Gambar 5. Hasil Pengujian Keempat

Berdasarkan gambar 5. diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian, jika jarak bagian depan dan kanan *Mobile robot* lebih dekat ke *obstacle* dibandingkan yang sisi kiri, maka *Mobile robot* akan jalan belok ke arah kiri.



Gambar 6. Hasil Pengujian Kelima

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian, jika jarak bagian depan, kanan, dan kiri *Mobile*

robot lebih dekat ke *obstacle* dan tidak ada ruang, maka *Mobile robot* akan mundur, lalu memutar balik dan mencari jalan yang tidak ada *obstacle*.

B. Pengujian Sistem *Mobile robot* kendali manual menggunakan *Bluetooth remote*.

Dari hasil pengujian menggunakan sistem kendali manual menggunakan *Bluetooth*, didapatkan beberapa hasil yaitu :

1. Module *Bluetooth* yang peneliti gunakan adalah module HC-05 yaitu menggunakan teknologi blueetooth versi 2, setelah peneliti melakukan pengujian, luas jangkauan yang di tangkap dari module ini yaitu sekitar 5-6meter jarak optimal tanpa halangan, dengan catatan terdapat delay respon.
2. Dan hasil lainnya pengujian kendali manual yang penulis dapatkan adalah kurang optimalnya respon yang ditngkap oleh *Mobile robot* karena keterbatasan kecepatan transfer rate module *Bluetooth* itu sendiri. Sehingga terkadang terjadi delay ke respon mobile robot.
3. Terjadinya konflik arus listrik ketika dalam keadaan dinamo melakukan rotasi untuk maju dan secara cepat di beri instruksi untuk berotasi mundur, dan mengakibatkan sistem melakukan reebot/restart akibat short korslet pada arus tegangan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain Dari pengujian *Mobile robot* penghindar rintangan dapat dikatakan baik hasilnya, karena keluaran sesuai dengan rulebase yang sudah di tentukan, *Mobile robot* dapat menghindari rintangan dengan baik walaupun jalur yang ditempuh masih acak. Dan Dari hasil pengujian *Mobile robot* menggunakan sistem kendali manual menggunakan *Bluetooth* masih kurang optimal, karena masih terdapat delay instruksi, ini dikarenakan module *Bluetooth* yang digunakan adalah HC-05 yang menggunakan teknologi *Bluetooth* versi 2.

Meskipun sistem *Mobile robot* dengan menggunakan *Fuzzy Sugeno* memiliki nilai yang baik terdapat beberapa peluang penelitian lanjutan, Peluang tersebut antara lain adalah Menambahkan dan menyatukan fitur object tracking dan penghindar rintangan pada *Mobile robot* akan sangat berguna kedepannya, mengingat teknologi ini akan dibutuhkan untuk navigasi otomatis secara mandiri. Sehingga *Mobile robot* dapat dimanfaatkan untuk mengobservasi dan mengeksplorasi tempat yang mungkin tidak dapat di jangkau manusia ataupun karena keterbatasan manusia.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Affandi, and M. B. Syahputra, "Deteksi Objek Menggunakan Histogram

Of Oriented Gradient (Hog) Untuk Model Smart Room," *J. Explor.*, vol. 9, no. 2, pp. 99–105, 2018, [Online]. Available:

<http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/explora/article/view/1075>.

- [2] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Affandi, and M. B. Syahputra, "Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya," *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.36448/jsit.v10i1.1212>.
- [3] M. Priyono, T. Sulistyanto, D. A. Nugraha, N. Sari, N. Karima, and W. Asrori, "Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang," vol. 1, no. 1, pp. 20–23, 2015.
- [4] R. Y. Endra and A. Sukoco, "Decision Support System (DSS) For The Determination Of Percentage Of Scholarship Quantity Based Fuzzy Tahani," *3rd Int. Conf. Eng. Technol. Dev. 2014*, pp. 213–223, 2014.
- [5] F. Ariani and R. Y. Endra, "Implementation of Fuzzy Inference System With Tsukamoto Method for Study Programme," *Int. Conf. Eng. Technol. Dev.*, 2013.
- [6] K. Zheng, Q. Zhang, Y. Hu, and B. Wu, "Design of fuzzy system-fuzzy neural network-backstepping control for complex robot system," *Inf. Sci. (Njy)*, vol. 546, pp. 1230–1255, 2021, doi: [10.1016/j.ins.2020.08.110](https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.08.110).
- [7] F. Umam, "Pengembangan Sistem Kendali Pergerakan Autonomous Mobile Robot Untuk Mendapatkan Jalur Bebas," *J. Ilm. Mikrotek*, vol. 1, no. 1, pp. 35–42, 2013.
- [8] G. C. Setyawan, T. Informatika, F. Sains, and U. K. Immanuel, "Sistem Robot Otonom Penghindar Rintangan dan Pencari Jalur Menuju Sasaran Berbasis Mikrokontroler PIC16F877A," *J. Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 51–58, 2015.
- [9] R. A. Abid *et al.*, "Desain Dan Implementasi Robot Mobil Otomatis Penghindar Hambatan Berbasis Sensor Kinect : Sistem Kontrol Menggunakan Logika Fuzzy Design and Implementation of Obstacle Avoidance Autonomous Mobile Robot Based on Kinect Sensor ;," vol. 2, no. 1, pp. 700–706, 2015.
- [10] A. Pandey and D. R. Parhi, "MATLAB Simulation for Mobile Robot Navigation with Hurdles in Cluttered Environment Using Minimum Rule based Fuzzy Logic Controller," *Procedia Technol.*, vol. 14, pp. 28–34, 2014, doi: [10.1016/j.protcy.2014.08.005](https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.08.005).
- [11] N. H. Singh and K. Thongam, "Mobile Robot Navigation Using Fuzzy Logic in Static Environments," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 125, pp. 11–17, 2018, doi: [10.1016/j.procs.2017.12.004](https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.004).
- [12] A. M. Abdalla, N. Debnath, M. K. A. A. Khan, and H. Ismail, "Mobile Robot Controlled through Mobile Communication," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 76, no. Iris, pp. 283–289, 2015, doi: [10.1016/j.procs.2015.12.292](https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.292).