

Implementasi Logika Fuzzy pada Pengaturan Jarak dan Kecepatan Mobil Otonom dengan Arduino

Muhammad Daffa Azmi Fauzan^{1*}, Soewarto Hardhienata² Mohamad Iqbal Suriansyah³

¹Ilmu Komputer/Universitas Pakuan
Email: daffa.065119052@unpak.ac.id

²Ilmu Komputer/ Universitas Pakuan
Email: soewartohardhienata@unpak.ac.id

³Ilmu Komputer/ Universitas Pakuan
Email: mohamad.iqbal@unpak.ac.id

*)Corresponding Author

ABSTRACT

Traffic accidents caused by driver errors remain a common problem on the roads. Factors such as fatigue, alcohol influence, and speeding continue to be the main causes of road incidents. Based on these issues, a model for regulating distance and speed has been developed to optimize road user safety and reduce the number of traffic accidents. Using the Arduino Uno microcontroller as automatic control, this model employs fuzzy logic methods, with a line follower and infrared sensors to detect the vehicle's path. Additionally, it uses ultrasonic sensors to scan objects in front and provides an audible warning through a buzzer. The output is displayed on an LCD to monitor the driver's surroundings. The research method used is fuzzy logic with input from the distance to the object in front. Defuzzification is then performed, resulting in speed and output. Testing was conducted by placing a remote-control car in front of the autonomous car at distances ranging from very far (100 cm) to close (15 cm).

Keywords: Fuzzy Logic; Arduino uno; Microcontroller; Automatic control.

ABSTRAK

Kecelakaan lalu lintas akibat kesalahan pengemudi masih merupakan masalah umum di jalan raya. Faktor-faktor seperti kelelahan, pengaruh alkohol, dan melaju di atas batas kecepatan menjadi penyebab utama insiden jalan raya. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibuatlah model pengaturan jarak dan kecepatan untuk mengoptimalkan keamanan pengguna jalan dan menekan angka kecelakaan lalu lintas. Dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino uno sebagai kontrol otomatis, ini menggunakan metode logika fuzzy. Lintasan kendaraan mobil menggunakan line follower dan sensor inframerah untuk mendeteksi lintasan. Selain itu, sensor ultrasonik memindai objek di depan dan memberikan peringatan berupa bunyi menggunakan buzzer. Output ditampilkan di LCD untuk monitoring pengemudi terhadap objek di depan. Kemudian dilakukan defuzzifikasi yang berupa kecepatan dan keluaran. Pengujian dilakukan dengan meletakkan mobil remote control di depan mobil otonom dengan jarak mulai dari 100 cm hingga 15 cm.

Keywords: Logika fuzzy, Arduino Uno, Mikrokontroler, ultrasonic HC-SR04, Kontrol Otomatis.

A. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, sektor otomotif telah mengalami kemajuan luar biasa dalam hal desain yang inovatif dan peningkatan fitur untuk memastikan keamanan di jalan serta kenyamanan pengemudi, sebuah pencapaian yang didorong oleh lonjakan dalam teknologi mekatronika. Integritas antara teknologi mekanik dan sistem elektronik serta perangkat lunak telah memungkinkan pengembangan kendaraan yang dapat mengemudi secara mandiri. Namun, kecelakaan lalu lintas yang terjadi akibat faktor kesalahan pengemudi masih merupakan masalah umum di banyak jalan. Faktor-faktor tersebut seperti kelelahan, pengaruh alkohol, dan melaju di

atas batas kecepatan terus menjadi penyebab utama insiden di jalan raya. Kecelakaan lalu lintas pada tahun 2022 meningkat 34,6 persen dari tahun sebelumnya. Berdasarkan data polri, terdapat 94.617 kasus kecelakaan lalu lintas pada tahun 2022, Jumlah kecelakaan tersebut melonjak dibandingkan periode sama pada 2021, yakni 70 ribu kasus kecelakaan [1]. Hal tersebut menunjukkan perlu adanya tingkat keamanan kendaraan dan aturan lalu lintas berkendara.

Penyebab kecelakaan yaitu hilangnya konsentrasi yang muncul jika pengemudi terlalu lama mengemudi dalam jangka waktu yang lama, maka dari itu muncul teknologi *cruise control* [2]. *Adaptive Cruise Control* adalah sistem kontrol otomatis cerdas, yang dikembangkan berdasarkan teknologi kontrol kecepatan yang sudah ada. Saat kendaraan sedang berjalan, Sensor jarak (radar) yang dipasang di depan kendaraan secara terus-menerus memindai jalan di depan kendaraan, dan sensor kecepatan roda mengumpulkan sinyal kecepatan kendaraan. Ketika kendaraan terlalu dekat dengan kendaraan di depannya, unit kontrol ACC dapat mengerem roda dengan tepat dan mengurangi daya output mesin sehingga kendaraan selalu menjaga jarak aman dari kendaraan di depannya [3].

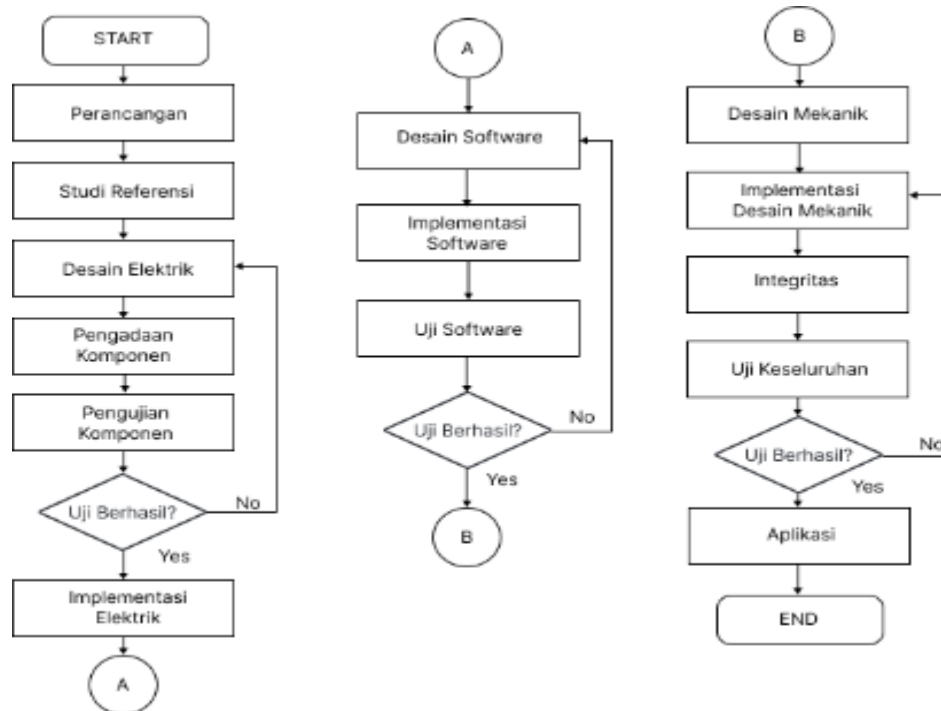
Seperti penelitian sebelumnya tentang desain sensor jarak aman untuk kendaraan bermotor yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, metode penelitian dan pengembangan digunakan untuk menganalisis dan membuat prototipe perangkat keras dari sensor jarak aman untuk kendaraan bermotor menggunakan Arduino Uno, yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur untuk pengembangan teknologi yang lebih canggih, khususnya untuk kenyamanan lalu lintas [4]. Menggunakan metode *delay time value*, yang berbasis pada Arduino, [5] menciptakan robot mobil dengan empat motor penggerak untuk penelitian mereka pada tahun 2021. Metode *delay time value* adalah salah satu cara untuk mengendalikan motor DC. Metode ini bekerja dengan menyesuaikan waktu tunda dalam program untuk mengontrol sinyal masukan ke pengendali motor DC, sehingga menentukan arah dan besarnya putaran motor DC [5].

Untuk mengatasi permasalahan keamanan dan mengurangi angka kecelakaan lalu lintas, dibuatlah sebuah model mobil otonom yang mengatur jarak dan kecepatan dengan menggunakan logika fuzzy dan mikrokontroler Arduino. Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan keamanan pengguna jalan melalui pengaturan otomatis yang cerdas. Sensor inframerah yang digunakan untuk mendeteksi lintasan dan memastikan mobil tetap berada di jalur yang benar, Sensor Ultrasonik yang berfungsi untuk memindai objek di depan mobil dan mengukur jarak antara mobil dengan objek lain, *buzzer* memberi peringatan bunyi jika ada objek yang terlalu dekat, sehingga meningkatkan kewaspadaan pengemudi, dan LCD menampilkan visualisasi langsung kepada pengemudi untuk monitoring. Dengan menggunakan metode logika fuzzy, sistem ini dapat mengambil keputusan yang lebih adaptif dan cerdas dalam mengatur jarak dan kecepatan mobil otonom. Maka dari itu penelitian ini mengambil judul “Implementasi logika fuzzy pada pengaturan jarak dan kecepatan mobil otonom dengan Arduino. Harapannya, implementasi sistem ini akan secara signifikan mengurangi insiden tabrakan dan meningkatkan keselamatan di jalan raya

B. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian bidang *hardware*

Programming, sebagaimana yang digambarkan berikut:



Gambar 1. Hardware Programming

1. Perencanaan

Tahap perencanaan pada implementasi logika fuzzy pad pengaturan jarak dan kecepatan mobil otonom dengan arduino merupakan tahap kegiatan dari proses pembuatan sistem. Pada penelitian ini untuk mengetahui jarak aman dengan kendaraan didepan menggunakan sensor ultrasonik dan untuk keakuratan jarak menggunakan metode logika fuzzy.

a. Analisis Perencanaan

Pada tahap ini, dilakukan berbagai analisis yang diperlukan untuk pembuatan model mobil otonom. Analisis tersebut mencakup analisis sistem fuzzy, analisis perangkat lunak, dan analisis perangkat keras.

1) Analisis Sistem Fuzzy

Sistem fuzzy yang dianalisis dalam penelitian ini adalah mengenai jarak dan kecepatan. Sistem pengendali berfungsi untuk mendeteksi jarak dengan objek yang berada di depan sesuai dengan ketentuan jarak yang telah ditetapkan, sedangkan sistem pengendali kecepatan bertujuan untuk mengatur kecepatan sesuai dengan kondisi jalan dan ketentuan yang dibuat.

2) Analisis Perangkat Lunak

Sebelum program fuzzy diimplementasikan dalam mikrokontroler, pemilihan komponen *hardware* memegang peranan penting dalam menghasilkan data jarak yang akurat. Proses ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan yang mungkin timbul. Selain itu, untuk mencapai tingkat akurasi yang diinginkan proses pemrograman pada *compiler* Arduino IDE dilakukan secara manual dengan perhitungan yang teliti. Perhitungan manual ini menggunakan Aplikasi Matlab.

3) Komponen perangkat keras yang terlibat meliputi empat sensor inframerah untuk membaca lintasan, satu sensor ultrasonic untuk mendeteksi jarak, satu unit Arduino Uno untuk mengatir sistem, satu *buzzer* sebagai peringatan, satu LCD 16x2 yang terhubung dengan modul 12C untuk menampilkan informasi jarak dengan objek di depannya, satu motor *driver* 1298n untuk menggerakkan empat motor DC, serta saklar yang berfungsi untuk sistem peringatan jarak aman terhadap objek yang terdeteksi oleh sensor.

b. Skala Perbandingan Radius Mobil Asli dan Model Mobil

Tabel 1. Skala Perbandingan Radius Mobil Asli dan Model Mobil

Kecepatan Kendaraan	Jarak Minimal	Jarak Aman
30 km/jam	15 meter	30 meter
40 km/jam	20 meter	40 meter
50 km/jam	25 meter	50 meter
60 km/jam	40 meter	60 meter
70 km/jam	50 meter	70 meter
80 km/jam	60 meter	80 meter
90 km/jam	70 meter	90 meter
100 km/jam	80 meter	100 meter

[6].

Skala perbandingan yaitu cara untuk menggambarkan hubungan proposional antara dua objek atau ukuran yang berbeda. Yang dimana jika model mobil yang lebih kecil dari pada mobil asli dapat menggunakan skala perbandingan untuk menentukan seberapa kecil model yang digunakan. Untuk menghitung radius jarak mobil asli yang dipindahkan menjadi jarak model mobil perlu diperhitungkan, untuk menentukan skala perbandingan dapat digunakan rumus berikut

$$\text{Skala perbandingan} = \frac{\text{Jarak simulasi}}{\text{jarak nyata}}$$

Dalam contoh kasus ini, jarak simulasi adalah 15cm dan jarak nyata adalah 15m

$$\text{Skala perbandingan} = \frac{15 \text{ centimeter}}{15 \text{ meter}}$$

Namun, karena satuan pada kedua sisi perbandingan harus sama, diperlukan mengonversi meter menjadi centimeter dengan mengalikan jarak nyata dengan 100 (karena 1 meter = 100 centimeter)

$$\text{Skala perbandingan} = \frac{15 \text{ centimeter}}{15 \text{ meter} \times 100 \text{ centimeter/meter}}$$

$$\text{Skala perbandingan} = \frac{15 \text{ centimeter}}{1500 \text{ centimeter}}$$

$$\text{Skala perbandingan} = \frac{1}{100}$$

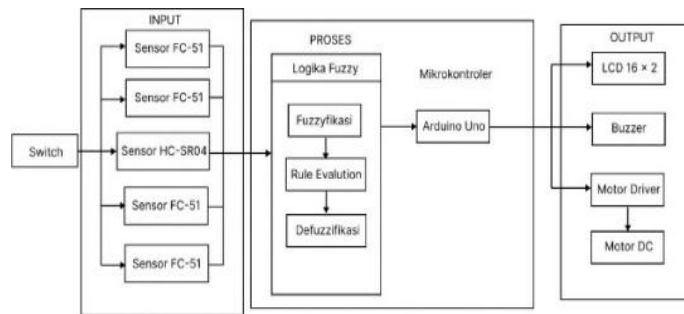
Jadi, skala perbandingan antara jarak simulasi 15cm dan jarak nyata 15m adalah 1:100. Artinya, setiap 1cm pada model merepresentasikan 100cm pada mobil sebenarnya

2. Studi Referensi

Setelah merencanakan sistem, dilakukan penelitian awal pada sistem yang telah dirancang. Tahap penelitian ini mencakup perencanaan awal rangkaian elektrik untuk memastikan kinerja optimal semua komponen. Setelah merakit rangkaian antar komponen dan berhasil menyelesaikannya, Langkah selanjutnya adalah mengembangkan logika fuzzy menggunakan *software* Matlab, yang berdasarkan logika pemrograman di *software* Arduino IDE.[7]

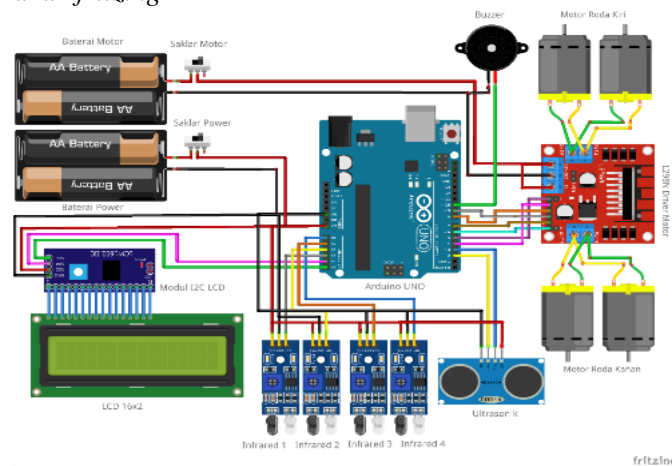
3. Desain Elektrik

Gambaran umum pada sistem ini terdiri dari switch, baterai, sensor FC-51, sensor HC-SR04, Arduino uno, LCD 16x2, *buzzer*, *motor driver* dan motor DC. Mula- mula switch memberikan daya kepada setiap komponen, kemudian sensor HC-SR04 mendeteksi objek yang berada didepan, sensor FC-51 yang berfungsi untuk mendeteksi lintasan. Setelah mendeteksi objek maka akan diproses oleh logika *fuzzy* pada mikrokontroler Arduino uno yang akan menghasilkan output tampilan jarak pada LCD, alarm peringatan pada *buzzer* dan motor *driver* memberikan proses pada motor DC [8].



Gambar 2. Diagram Blok

Desain rangkaian elektrik ini bertujuan untuk merancang perangkat keras dengan mendesain rangkaian Arduino Uno [9]. Desain ini menjelaskan tata letak komponen yang dipasang secara teratur menggunakan *fritzing*



Gambar 3. Desain Elektrik

4. Pengadaan Komponen

Setelah komponen semuanya sudah terkumpul maka selanjutnya dilakukan pengujian pada setiap *hardware* dan *software*.

5. Pengujian Komponen

Pada tahap ini, semua komponen yang akan digunakan dalam model sistem ini diuji. Pengujian dilakukan menggunakan multimeter untuk memeriksa fungsi masing-masing komponen. Selain itu, pengujian juga dilakukan menggunakan layar serial Arduino untuk meninjau hasil dari setiap komponen yang terhubung dengan Arduino Uno melalui koneksi USB. Input dan output tegangan dari setiap komponen dimasukkan dalam pengujian.

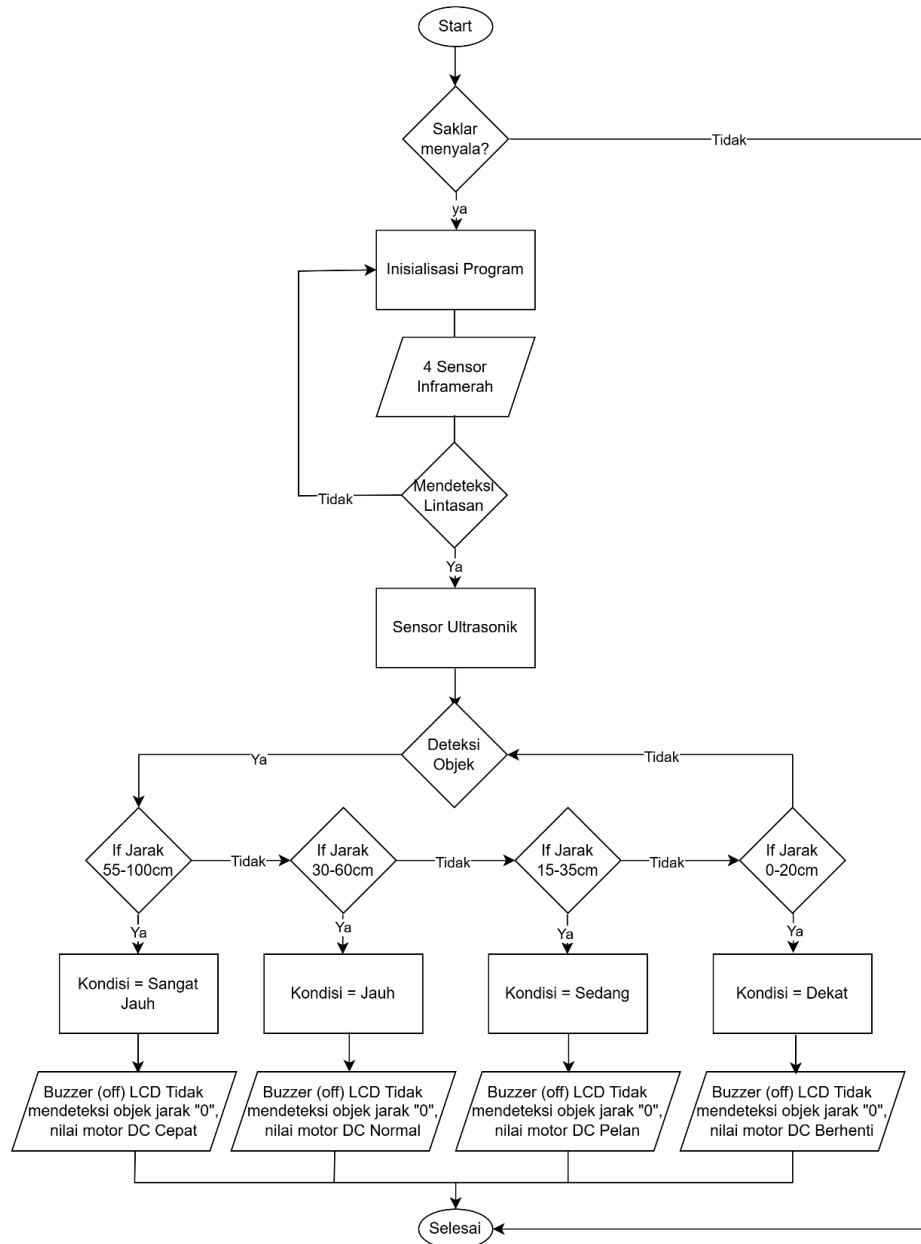
6. Implementasi Elektrik

Proses implementasinya dilakukan dengan mengumpulkan semua komponen dan merakitnya menyerupai bentuk mobil. Kemudian, setiap komponen dihubungkan menggunakan kabel jumper dan disolder. Selain itu, fungsi dari setiap komponen harus dipahami untuk sesuai dengan kebutuhan sistem yang akan dibuat dan tujuan pembuatan model sistem.

7. Desain Software

Pada fase *desain software*, penulis menjelaskan sistem kendali melalui representasi visual berupa flowchart. Diagram alur ini mencerminkan rangkaian Langkah sistem dalam menjalankan perintah secara berurutan. Rule base, sebagai pedoman dasar, dibuat dalam proses pemrograman sistem. Kemampuan sistem fuzzy dalam mengambil keputusan tercermin dalam kumpulan aturan. Secara keseluruhan, aturan-aturan ini bersifat intuitif dan terungkap dalam

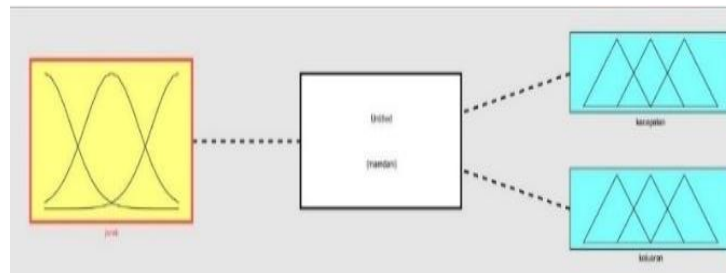
penyataan kualitatif menggunakan format “jika maka”, sehingga mempuudahkan pemahaman. Rule base melibatkan kondisi-kondisi yang telah di klasifikasikan untuk proses fuzzyfikasi.



Gambar 4. Flowchart

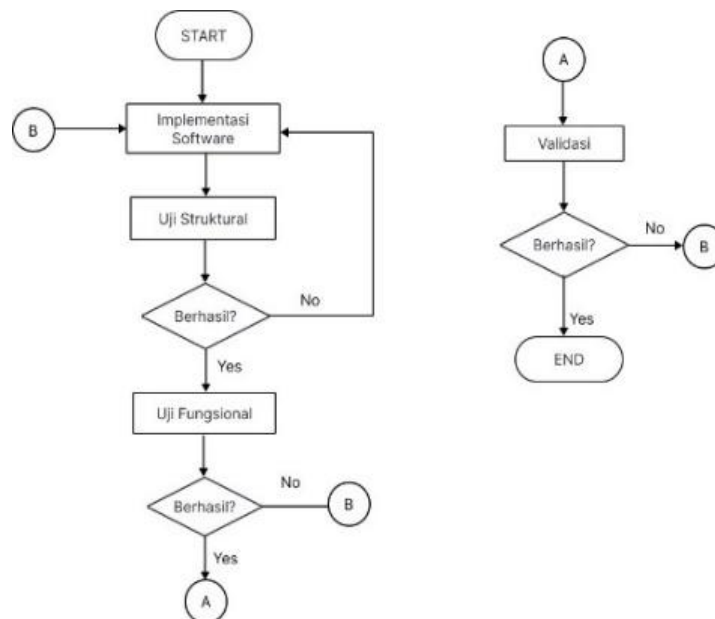
a. Representasi data logika fuzzy

Data logika fuzzy direpresentasikan melalui perancangan system fuzzy yang diterapkan untuk mengatur jarak dan kecepatan pada mobil otonom sehubungan dengan kendaraan didepannya. Input sitem fuzzy ini adalah jarak yang telah di skalakan dari meter ke centimeter dengan rasio 1:100 dan memiliki rentang nilai 1-100 cm. Output pertama adalah kecepatan motor DC yang memiliki rentang nilai 0-255 PWM. Sedangkan output kedua adalah sinyal keluaran dari buzzer dan LCD dengan rentang nilai 0-100 cm. Representasi data ini bergantung pada pembacaan dan penalaran sensor yang digunakan, karena konsep logika fuzzy ini fleksibel dan serupa dengan penalaran manusia. Desain logika fuzzy ini menggunakan satu input dan dua output, dan menerapkan metode mamdani [10].



Gambar 5. Diagram Logika Fuzzy

8. Implementasi Software

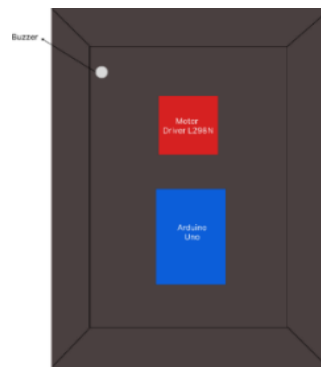


Gambar 6. Implementasi Software

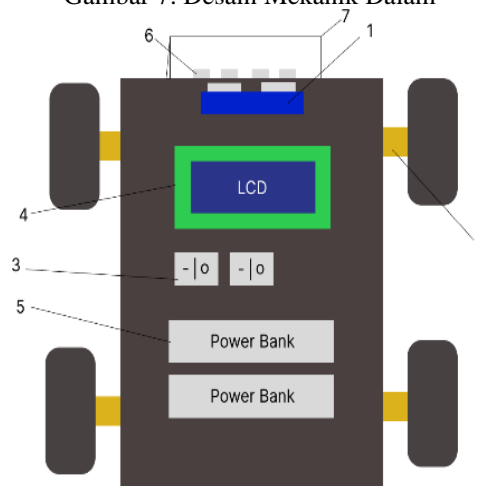
Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap semua perangkat lunak yang akan digunakan dalam model sistem ini. Pengujian ini mencakup pengetesan fungsi komponen seperti sensor HC-SR04, sensor FC-51, motor driver, dan Arduino Uno.

9. Desain Mekanik

Desain mekanik merupakan proses perencanaan, pengembangan, dan penciptaan struktur mekanik yang melibatkan prinsip Teknik dan ilmu pengetahuan untuk menciptakan sistem yang dapat berfungsi dengan baik. Dengan tinggi 19 cm, lebar 17 cm, dan Panjang 22 cm.



Gambar 7. Desain Mekanik Dalam



Gambar 8. Desain Mekanik Luar

Keterangan:

1. Sensor Ultrasonik HC-SR04
2. Motor DC
3. Saklar
4. LCD
5. Power Bank
6. Sensor Inframerah
7. Akrilik

10. Integritas

Pada proses integritas ini dilakukan berdasarkan dari proses desain mekanik, desain elektrik maupun desain perangkat lunak sehingga akan menjadi suatu keseluruhan dari suatu model sistem tersebut.

11. Uji Keseluruhan

Pada tahap ini, dilakukan pengujian fungsi keseluruhan sistem untuk memastikan apakah sistem dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Jika ada bagian yang tidak bekerja dengan baik, akan dilakukan perakitan ulang pada setiap komponennya.

12. Aplikasi

Optimasi ini dilakukan untuk meningkatkan performa aplikasi yang telah dirancang melalui berbagai proses.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini merupakan hasil dari tahap sebelumnya telah dijelaskan dimulai dari proses perencanaan, perancangan, hingga implementasi keseluruhan dari pada Model Sistem Pengaturan Jarak dan Kecepatan Mobil Otonom Dengan Logika *Fuzzy* Berbasis Arduino. Hasil penelitian ini

menyelesaikan beberapa hal yang menjadi acuan dan referensi agar mendapatkan hasil yang maksimal. Pada penelitian ini yang bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol untuk mobil otonom yang mampu mengatur jarak kendaraan dan kecepatannya menggunakan logika *fuzzy*. Penelitian ini menggabungkan beberapa elemen kunci seperti mobil otonom, sensor jarak, sensor pembaca garis, logika *fuzzy*, dan *platform* Arduino sebagai otak dari sistem kontrol.



Gambar 9. Hasil Penelitian

1. Tes Fungsional Keseluruhan Sistem

Pada tahap ini, dilakukan pengujian fungsi dari keseluruhan sistem untuk memastikan apakah sistem yang telah dibuat dapat berfungsi sesuai dengan konsep yang diinginkan. Jika ada bagian dari sistem yang tidak berfungsi dengan baik, akan dilakukan perakitan ulang pada setiap bagiannya. Pengujian ini mencakup pengujian struktural, pengujian fungsional, dan pengujian validasi

a. Uji Struktural

Uji coba struktural ini merupakan sebuah proses verifikasi kesesuaian yang dilakukan dengan membandingkan konsep awal dengan hasil yang diperoleh. Proses ini melibatkan eksekusi model sistem untuk mengidentifikasi kesalahan atau ketidaksesuaian hasil. Jika ditemukan masalah proses akan diulang. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk memastikan bahwa semua jalur dalam rangkaian telah terkoneksi dengan baik yang memungkinkan sistem untuk sistem untuk beroperasi secara efektif.

b. Uji Fungsional

Uji fungsional dilakukan untuk memperoleh hasil akhir yang sesuai dengan harapan. Oleh karena itu, proses pengujian alat harus dilakukan dengan sangat teliti dan hati-hati agar hasil yang didapatkan sesuai dengan perencanaan. Jika masih terdapat sistem atau kinerja yang tidak sesuai, maka akan dilakukan pengecekan ulang terhadap mekanik, kelistrikan, program, dan komponen.

c. Uji Validasi

Tabel 2. Pengujian Logika Fuzzy Pada Matlab dan Arduino

Uji ke	Input	Output kecepatan		Selisih	Kesalahan (%)
	Jarak (cm)	Matlab	Arduino		
1	90	234	233,1	0,9	0,38
2	80	234	233,1	0,9	0,38
3	70	234	233,1	0,9	0,38
4	60	230	229,5	0,5	0,21

Uji ke	Input	Output kecepatan		Selisih	Kesalahan (%)
	Jarak (cm)	Matlab	Arduino		
5	50	184	183.6	0.4	0.21
6	40	184	183.6	0.4	0.21
7	30	84.5	84.44	0.06	0.07
8	25	86.5	86.67	0.17	0.19
9	20	84.5	84.44	0.06	0.07
10	15	0	0	0	0
Rata-rata error					0.23

Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Tabel dan melalui perbandingan antara hasil simulasi yang dilakukan menggunakan Matlab dengan pemrograman pada Arduino, ditemukan bahwa error terendah yang tercatat adalah 0% sementara error tertinggi adalah sebesar 0.38%, dengan nilai rata-rata error sebesar 0,21%. Kesimpulan dari pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode logika fuzzy dalam model sistem ini efektif dan dapat diandalkan. Lebih lanjut, dari pengujian tersebut terlihat bahwa perubahan dalam nilai jarak mempengaruhi perubahan kecepatan yang dihasilkan, yang selanjutnya akan menyesuaikan berdasarkan aturan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Uji ke-	Output Kecepatan (PWM)		Kondisi	LCD	Buzzer
	Matlab	Arduino			
1	234	233,1	Sangat Jauh	Tidak ada objek dan tidak menampilkan jarak & nilai PWM	Aktif
2	234	233.1	Sangat Jauh	Tidak ada objek dan tidak menampilkan jarak & nilai PWM	Aktif
3	234	233.1	Sangat Jauh	Tidak ada objek dan tidak menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
4	230	229.5	Jauh	Objek jauh dan menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
5	184	183.6	Jauh	Objek jauh dan menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
6	184	183.6	Jauh	Objek jauh dan menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
7	84.5	84.44	Sedang	Mendeteksi objek dan menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
8	86.5	86.67	Sedang	Mendeteksi objek dan menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
9	84.5	84.44	Sedang	Mendeteksi objek dan menampilkan jarak & nilai PWM	Mati
10	0	0	Dekat	Objek Dekat, menampilkan jarak & nilai PWM	Mati

Berdasarkan tabel diatas, simulasi menunjukkan bahwa mobil akan berhenti ketika jarak terhadap objek kurang dari 15 cm, sebagai adaptasi sebagai situasi di mana mobil otonom perlu menghentikan laju untuk mencegah tabrakan jika mendeteksi objek terlalu dekat didepannya. Selain itu, kecepatan mobil akan bertambah seiring dengan meningkatnya

jarak dari objek. Buzzer akan aktif ketika jarak dengan objek kurang dari 15 cm sebagai peringatan adanya objek yang terlalu dekat yang berpotensi menyebabkan tabrakan. Pada kondisi jarak lebih dari 15 cm, situasi dianggap aman. Sedangkan jika jarak kurang dari 15 cm, kondisi dianggap dekat, yang akan diindikasikan dengan buzzer aktif dan layer LCD yang menampilkan notifikasi bahwa jarak sudah dekat.

Hasil uji validasi kedua diperoleh dengan memasukkan data jarak dari sensor dan pengukuran manual, menghasilkan perbandingan. Pengumpulan data untuk perangkat pengukur jarak aman pada kendaraan otonom ini menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04. Uji ini kemudian diulang 13 kali dengan berbagai kombinasi data. Pemilihan data didasarkan pada kondisi jarak dekat, sedang, jauh, dan sangat jauh terhadap objek di depan.

Tabel 4. Perbandingan Alat Dengan Sensor dan Manual

Uji Ke-	Input	Jarak Manual (cm)	Jarak Sensor (cm)	Selisih	Error	Rata-rata error
1	Jarak	3	3,13	0,13	4.15%	2.09%
2		5	5,20	0,20	4.00%	
3		10	10,1	0,1	1.00%	
4		15	15,25	0,25	1,67%	
5		20	20,08	0,08	0,4%	
6		25	25,07	0,07	0,28%	
7		30	30,74	0,74	2,47%	
8		35	35,19	0,19	0,54%	
9		40	40,17	0,17	0,42%	
10		45	45,59	0,59	1,31%	
11		50	50,18	0,18	0,36%	
12		55	55,35	0,35	0,64%	
13		60	60,67	0,67	1,12%	

Untuk mengestimasi berapa lama 2 (dua) *powerbank* dengan kapasitas 1440 mAh dapat menyediakan daya untuk konfigurasi mobil otonom, diperlukan menghitung konsumsi daya total dari semua komponen.

Tabel 5. Konsumsi Daya Mobil Otonom

No	Komponen	Jumlah Komponen	Konsumsi daya (mA)	Jumlah konsumsi daya (mA)
1	Sensor ultrasonik	1	15	15
2	Motor DC	4	500	2000
3	Sensor Inframerah FC-51	4	20	80
4	Motor Driver L289N	1	50	50
5	Arduino Uno R3	1	15	15
Total konsumsi arus				2.195

Dengan dua *power bank* yang berkapasitas 2880 MAh, waktu operasional dihitung sebagai berikut :

$$\text{Waktu (jam)} = \frac{\text{Total konsumsi arus}}{\text{total kapasitas powerbank}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2195 \text{ mA}}{2880 \text{ mAh}} \\
 &= 1.31 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, lama waktu alat bertahan dari baterai penuh sampai habis adalah 1.31 jam.

D. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian:

1. Penyesuaian jarak dan kecepatan pada mobil otonom yang menghadapi keberadaan kendaraan lain di depannya diatur melalui pemrograman yang diterapkan pada mikrokontroler. Program ini dirancang sedemikian rupa sehingga mobil otonom akan otomatis berhenti ketika jarak dengan objek di depannya kurang dari 15 cm. Sebaliknya, jarak yang lebih jauh dari objek memungkinkan mobil untuk meningkatkan kecepatannya pada prototype ini, dengan demikian, kecepatan mobil otonom akan berkurang seiring dengan menurunnya jarak terhadap objek yang ada didepannya, agar menjamin keselamatan dan efisien dalam navigasi
2. Model sistem mobil otonom yang menggunakan sensor inframerah ini menunjukkan bahwa mobil mampu menavigasikan lintasan hitam dengan efektif menggunakan empat sensor inframerah
3. Dalam melakukan 10 kali pengujian keseluruhan pada mobil otonom dan membandingkan dengan hasil dari matlab, ditemukan bahwa hasil pengujian protype dan hasil matlab sesuai dengan ekspektasi.
4. Pengujian logika *fuzzy* untuk menguji kelayakan penggunaan metode logika *fuzzy* didapatkan nilai *error* hanya sebesar 0,21% jika dibandingkan dengan pemrograman Arduino.
5. Pengujian sensor ultrasonic HC-SR04 dijalankan dengan membandingkan nilai yang dihasilkan sensor tersebut dengan pengukuran jarak menggunakan meteran. Dari pengujian tersebut, diperoleh nilai rata-rata kesalahan sebesar 2,09%. Sensor HC-SR04 ini mampu mengukur jarak hingga 100 cm.
6. Berdasarkan hasil perhitungan terhadap jumlah kapasitas baterai saat penuh dengan beban arus yang perlu di berikan ke alat, didapat lama waktu alat bisa bertahan dari baterai penuh sampai baterai habis. Lama waktu alat bertahan adalah 1.31 jam

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aryo Putranto Saptohutomo, "Korlantas Polri Cata 94.617 Kecelakaan Pada Januari-September 2022.," https://nasional.kompas.com/read/2022/11/20/15200561/korlantas-polri-catat-94617-kecelakaan-pada-januari-september-2022#google_vignette.
- [2] Firda Khairunnisa and Saiful Ikhwan, "SISTEM CRUISE CONTROL PADA MOBIL HYBRID," Bandung, 2021.
- [3] X. Sun, "Design of ACC Adaptive Cruise System Based on Ultrasonic Ranging and Internet of Vehicles," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2020, p. 022029.
- [4] A. A. B. Persada, Y. Ningsih, and H. Gunawan, "Perancangan Sistem Elektrikal Pada Alat Pengisian Minyak Rem Otomatis Mobil," *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2019.
- [5] E. Nurraharjo, Z. Budiarmo, and H. Listiyono, "Rekayasa Robot Mobil Dengan Empat Motor Penggerak Menggunakan Metode Pengacakan Delay Time Value Berbasis Arduino," 2021.
- [6] H. Gusdevi, M. Naseer, S. Wahyudi, and A. H. Rustam, "Prototype Alat Monitoring Jarak Aman Ketika Berkendara Berbasis Android Menggunakan Arduino-Uno," in *SENSITif: Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2019, pp. 1197–1207.
- [7] N. S. Fathimah, T. W. Septivani, E. F. Rahman, and W. Wahyudin, "The Development of Students' Logical Thinking Skills Using Arduino as A Learning Utility in the Computer System

- Subject,” *TeknoIS : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains*, vol. 13, no. 2, pp. 213–220, Jul. 2023, doi: 10.36350/jbs.v13i2.218.
- [8] Putra Stevano Frima Yudha and Ridwan Abdullah Sani, “IMPLEMENTASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 SEBAGAI SENSOR PARKIR MOBIL BERBASIS ARDUINO,” *JURNAL EINSTEIN*, pp. 19–26, 2017.
- [9] P. Astuti and H. Masdi, “Sistem Kendali Kecepatan Motor BLDC Menggunakan PWM Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 120–135, Jan. 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i1.216.
- [10] N. Nafisah, I. N. Syamsiana, W. Kusuma, R. I. Putri, and A. D. W. Sumari, “Analisa Perbandingan Pengaturan Suhu Berbasis Logika Fuzzy Interferensi Sugeno dan Mamdani pada Alat Pengereng Biji Kopi,” *Agroteknika*, vol. 6, no. 2, pp. 272–288, Dec. 2023, doi: 10.55043/agroteknika.v6i2.240.