Rancang Bangun *Wall-Follower Robot* Pendeteksi dan Pemadam Api Berbasis *Internet of Things* dengan Metode Fuzzy

Muhammad Adnan Wafeeq, Trisiani Dewi Hendrawati
Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No.25, Benteng, Kec. Warudoyong, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43132
adnanwafeeq1@gmail.com,trisianidewi@polteksmi.ac.id

Abstrak

Kebakaran merupakan suatu bencana yang ditimbulkan oleh api yang merugikan. Dalam kebakaran, pastinya memiliki risiko tinggi bagi petugas pemadam kebakaran. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana menyebutkan bahwa telah terjadi 2.929 kejadian kebakaran di Indonesia sejak tahun 1997 hingga 2018. Kerugian yang ditimbulkan berupa kerusakan pada 12.206 bangunan rumah, meninggalnya 333 jiwa termasuk para petugas damkar. Oleh karena itu, perlu diciptakan suatu alat untuk mempermudah para petugas dalam membatu pemdaman api, tanpa menyebabkan adanya risiko kecelakaan kerja bagi para petugas. Dalam penelitian ini, merancang suatu robot yang dapat bergerak secara otonom mengikuti dinding (*wall-follower*) dan dapat mendeteksi serta memadamkan api. Robot dirancang menggunakan sensor *ultrasonic* HY-SRF05 untuk mendeteksi jarak, infrared *flame* sensor untuk mendeteksi api, motor DC untuk menggerakan roda, Arduino Mega sebagai mikrokontroler serta mikrokontroler wemos untuk menerapkan konsep *Internet of Things*. Agar robot dapat bergerak secara otonom digunakan metode *fuzzy* mamdani untuk mendapatkan keluaran yang secara dinamis akan mengubah kecepatan roda berdasarkan *input* jarak antara halangan dengan robot. Hasil dari penelitian ini menunjukan bahwa sensor *ultrasonic* memiliki akurasi pembacaan jarak sebesar 99,4%. Infrared *flame* sensor mampu mendeteksi api dengan jarak hingga 100cm, *delay* antara aplikasi android dengan alat yang digunakan untuk kontrol alat memiliki rata-rata 1,6 detik. Perhitungan metode *fuzzy* pada alat memiliki akurasi 97,99% ketika dibandingkan dengan aplikasi MATLAB dan 96,5% dibandingkan dengan perhitungan manual. Dari 30 kali pengujian pemadaman api oleh robot pada suatu arena, sebanyak 21 kali percobaan berhasil dan 9 kali gagal.

Kata kunci: *Fuzzy Logic Mamdani, Wall-follower robot,* Arduino Mega 2560, Robot pemadam api

I. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan suatu bencana malapetaka atau musibah yang ditimbulkan oleh api yang tidak diharapkan/tidak dibutuhkan sukar dikuasai dan merugikan. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana menyebutkan bahwa telah terjadi 2.929 kejadian kebakaran di Indonesia sejak tahun 1997 hingga 2018. Kerugian yang ditimbulkan berupa kerusakan pada 12.206 bangunan rumah, meninggalnya 333 jiwa termasuk para petugas damkar, dan rusaknya 28 bangunan fasilitas kesehatan [1]. Saat ini teknologi elektronika semakin berkembang pesat, khususnya teknologi yang berhubungan dengan pengontrol otomatis, sehingga manusia selalu mencari proses otomatisasi yang pengoprasiannya dapat digunakan dengan mudah. Salah satu teknologi elektronika otomatis yang berkembang saat ini adalah bidang robotika. Dengan bantuan robot dalam menjalankan pekerjaan manusia, maka risiko yang diterima manusia bisa dikurangi dan mendapatkan kualitas yang lebih baik serta lebih efisien. Akan tetapi robot diciptakan bukan untuk menggantikan manusia sepenuhnya karena walau bagaimanapun ada pekerjaan-pekerjaan tertentu yang tidak dapat digantikan dan diselesaikan oleh robot tanpa bantuan manusia dan begitu pula sebaliknya [2]. Oleh karena itu, perlu diciptakan suatu alat yang dapat mempermudah para petugas pemadam kebakaran dalam membatu pemdaman api, tanpa menyebabkan adanya risiko cedera atau risiko kecelakaan kerja bagi para petugas pemadam kebakaran.

Adapun sebuah penelitian yang menghasilkan sebuah prototype robot pemadam api beroda yang dilakukan oleh Albrecht Yordanus Erwin Dodu dkk [3], dimana pada penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah *prototype* robot pemadam api beroda mulai dengan merancang komponen – komponen elektronika, bagian mekanik serta aktuator gerak pada robot dan merapkan metode *Fuzzy logic Sugeno* sebagai basis algoritma sistem kontrolnya yang dimana prosesnya dimulai dari fuzzification, *rule inference* kemudian defuzzification, serta menggunakan metode *Wall Follower* sebagai metode untuk navigasinya. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh [4], pada penelitiannya membahas tentang perancangan dan implementasi robot yang berfungsi sebagai pencari titik sumber api dan kemudian memadamkannya dengan menggunakan kipas. Proses pencarian titik sumber api dilakukan dengan mendeteksi pancaran sinar ultraviolet yang dipancarakan oleh api menggunakan Infrared Flame Sensor dan Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 untuk memandu navigasi robot dalam penentuan jarak terhadap halangan, misalnya dinding dan jarak titik sumber api terhadap robot. Sedangkan sebagai pusat kendali dari robot ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Penelitian lain yang berkaitan dengan robot mobil pemadam api ini juga dilakukan oleh [3].

Tujuan dibuatnya penelitian ini adalah untuk didapatkan gambaran mengenai teknis memadamkan api dimana robot pemadam api ini bergerak secara otonom tanpa melibatkan banyak manusia pada saat bergerak mengikuti dinding bersamaan dengan melakukan pendeteksian api dan memadamkan api saat robot mendeteksi adanya api. Kelebihan penelitian ini dari penelitian sebelumnya adalah pada penelitian ini menggunakan konsep *Internet of Things* untuk kontrol dan monitoring pada robot. Untuk kontrolnya, robot ini dapat diaktif dan nonaktifkan melalui aplikasi di *smartphone* android, penyemprotan air pada robot ini dapat dilakukan secara manual yang dikendalikan oleh *smartphone* android. Kemudian untuk monitoringnya robot ini akan memberikan notifikasi melalui bot Telegram yang terkoneksi dengan robot jika ada sensor *ultrasonic* yang tidak berfungsi sehingga dapat segera diperbaiki agar pergerakan robot tidak terhambat. Pada penelitian lain yang

II. METODE PENELITIAN

A. Robot Mobil

Robot mobil atau mobile robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik lain. Dari segi manfaat, penelitian tentang berbagai tipe mobile robot diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi [5].

B. Internet of Things

Internet of Things adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. *Internet of Things* lebih sering disebut dengan singkatannya yaitu *IoT*. *IoT* ini sudah berkembang pesat mulai dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical systems (MEMS)*, dan juga internet. *IoT* ini juga kerap diidentifikasikan dengan *Radio Frequency Identification (RFID)* sebagai metode komunikasi. Walaupun begitu, *IoT* juga bisa mencakup teknologi- teknologi sensor lainnya, semacam teknologi nirkabel maupun kode *quick response (QR)* yang sering kita temukan di sekitar kita [6].

C. Fuzzy Mamdani

Sistem inferensi *fuzzy* Metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode max-min. Metode Mamdani bekerja berdasarkan aturan-aturan linguistik. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output* (hasil), diperlukan 4 tahapan [7]:

1) Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada tahapan ini, ditentukan semua variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel *input*, ditentukan suatu fungsi fuzzifikasi yang sesuai. Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2) Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada tahapan ini, disusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut: Jika a adalah Ai

dan b adalah Bi, maka c adalah Ci dengan Ai, Bi dan Ci adalah predikat-predikat *fuzzy* yang merupakan nilai linguistik dari masing-masing variabel. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing variabel masukan.

3) Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (gabungan). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi.

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperole dengan cara melakukan penjumlahan terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

c. Metode Probabilistik (probar)

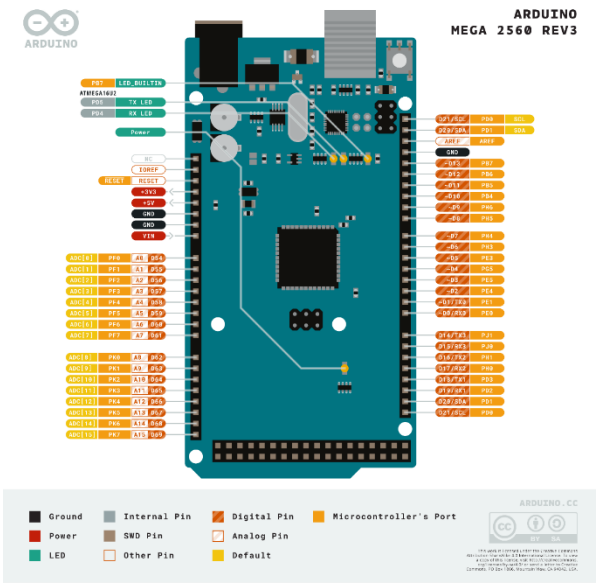
Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan perkalian terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

4) Defuzzifikasi

Input dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan real yang tegas. Dengan demikian jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai tegas tertentu sebagai *output*.

D. Arduino Mega 2560

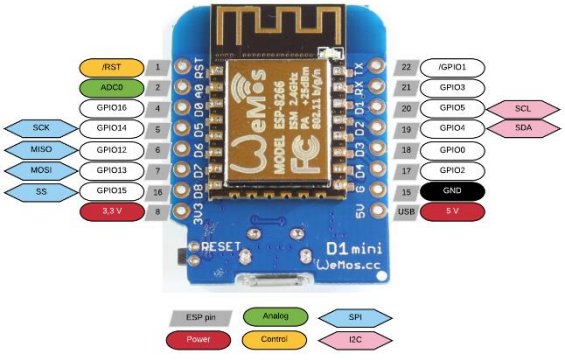
Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip Atmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, dan memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroller [4].



Gambar 1. Pinout Microcontroller Arduino Mega 2560 [8]

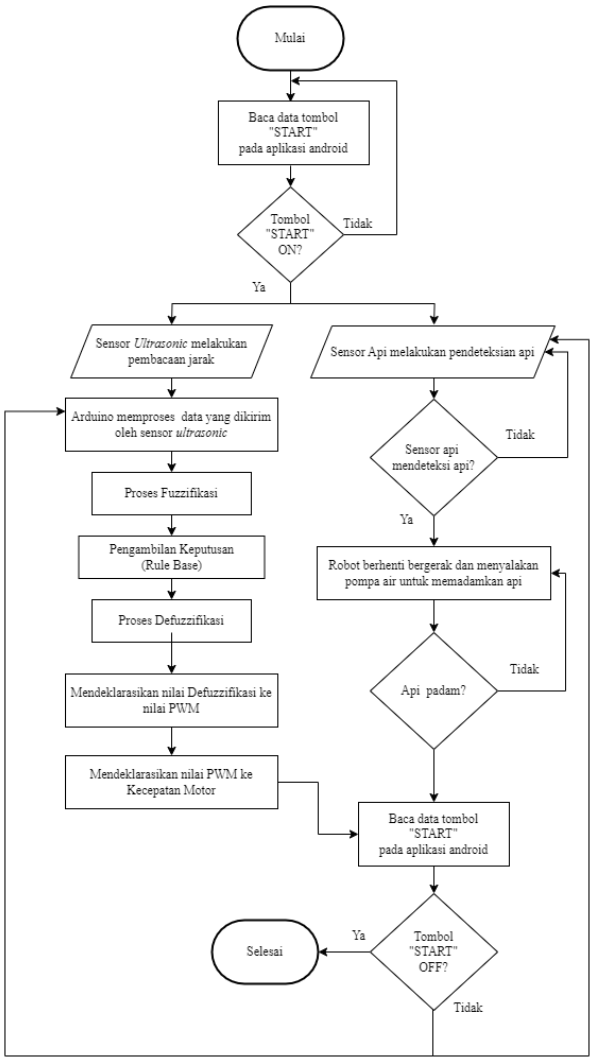
E. Wemos D1 Mini

Mikrokontroler wemos adalah sebuah mikrokontroler pengembangan berbasis modul mikrokontroler ESP8266 yang memilki kemampuan-nya untuk menyediakan fasilitas koneksi *Wi-Fi* dengan mudah serta memori yang digunakan sangat besar yaitu 4 MB. pada mikrokontroler wemos memiliki 2 buah chipset yang digunakan sebagai otak kerja *platform* tersebut yaitu chipset ESP8266 dan *chipset* CH340. Wemos D1 mini merupakan modul development board Wi-Fi ESP8266 yang dapat diprogram via Arduino IDE. Kelebihan Wemos D1 mini dengan *development board* ESP8266 yang lain yaitu adanya berbagai dukungan Shield wemos [9].



Gambar 2. Pinout Microcontroller Wemos D1 Mini [10]

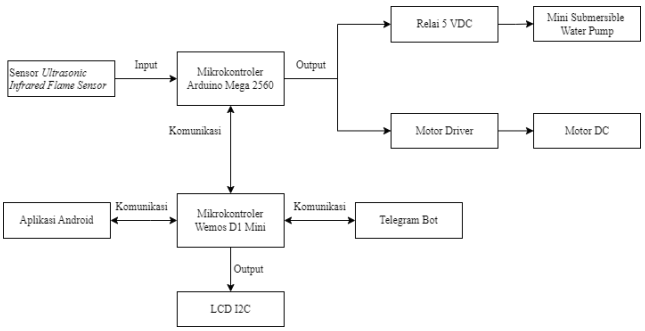
F. Flowchart Sistem



Gambar 3. *Flowchart* Sistem

Alur kerja dari *wall-follower* robot pendeteksi dan pemadam api ini dimulai ketika tombol ON pada aplikasi android sudah ditekan, maka fungsi robot akan berjalan, Ketika robot berjalan semua sensor bekerja yaitu sensor *ultrasonic* yang berfungsi untuk mendeteksi jarak, yang nantinya data jarak dari sensor *ultrasonic* akan diterima oleh arduino lalu melalui proses fuzzifikasi, pengambilan keputusan berdasarkan rule yang sudah ditentukan, lalu proses defuzzifikasi. Jika nilai defuzzifikasi sama dengan fungsi keanggotaan, akan mendeklarasikan nilai defuzzifikasi ke nilai PWM yang akan mempengaruhi kecepatan motor DC, dengan kata lain jarak robot dengan suatu objek yang dideteksi oleh sensor *ultrasonic* mempengaruhi pergerakan dari robot ini. Beriringan dengan pendeteksian jarak, sensor pendeteksi api juga bekerja, jika terdeteksi adanya api pada jarak deteksi sensor, maka robot akan berhenti lalu relay akan menyala yang juga akan menyalakan pompa air untuk menyemprotkan air ke titik api. Jika api sudah padam dan tombol OFF pada aplikasi android belum ditekan, maka robot akan melanjutkan pergerakannya dengan cara kerja yang sama hingga tombol off ditekan yang akan mematikan kerja si robot.

G. Blok Diagram



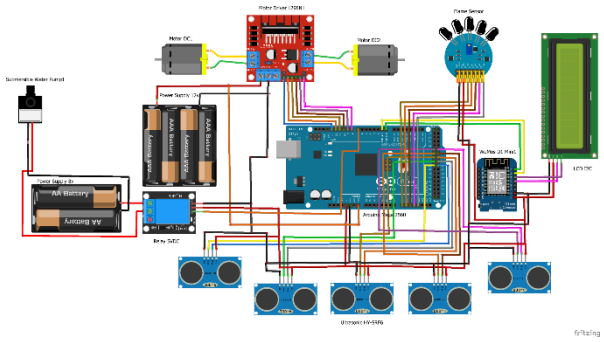
Gambar 4. Blok Diagram Sistem

Diagram diatas berisi alur berjalan nya sistem dengan gambaran blok, dimana sensor *ultrasonic* berfungsi untuk mendeteksi jarak objek pada sisi kiri, serong kiri, kanan, serong kanan dan depan mobil yang akan mengontrol kecepatan dan arah putaran motor dc dan akan mempengaruhi peregerakan mobil. Kemudian ada Infrared Flame Sensor yang mendeteksi titik api pada jarak deteksi sensor yang akan mengaktifkan relay untuk menyalakan *mini submersible water pump* hingga api yang di deteksi padam.Robot ini juga terkoneksi dengan aplikasi android dan Bot Telegram dimana aplikasi android berfungsi untuk pengontrol nyala matinya robot serta nyala matinya relay untuk menyalakan *mini submersible water pump* secara manual, lalu Bot Telegram berfungsi untuk monitoring kerusakan sensor *ultrasonic* pada robot.

H. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Pada perancangan *wall-follower* robot ini, robot akan bergerak secara otonom dan dapat menghindari objek terdekatnya supaya tidak menabrak objek tersebut,hal tersebut dapat diaplikasikan pada robot ini menggunakan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi jarak objek disekitar robot,yang pada kondisi tertentu si robot akan bergerak seakan akan menghindari objek terdekatnya, sehingga si robot akan tetap bergerak dengan menghindari objek yang ada didekatnya. Robot ini juga sambil ia bergerak sambil mendeteksi adanya titik api di area deteksi sensor api *cho*, yang nantinya ketika sensor ini mendeteksi

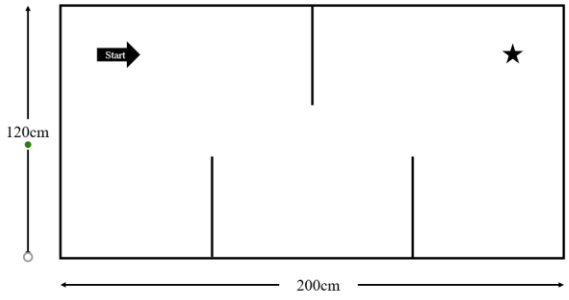
adanya api, maka sensor akan mengirimkan data ke Mikrokontroler dan akan mengaktifkan relay yang sekaligus mengaktifkan pompa air untuk memadamkan api tersebut. Setelah api padam atau sensor api sudah tidak mendeteksi adanya api, maka si robot akan meneruskan pergerakannya.



Gambar 5. Rangkaian Keseluruhan Sistem

I. Perancangan Arena Robot

Dalam penelitian ini telah ditentukan bahwa arena yang akan dilalui robot merupakan sebuah bangunan yang memiliki satu lantai berbentuk persegi Panjang dengan beberapa dinding penghalang didalamnya.

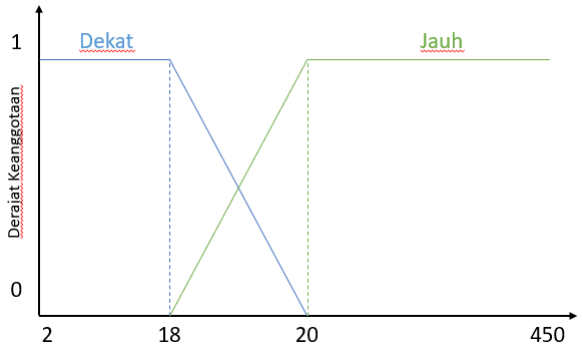


Gambar 6. Perancangan Arena Robot

Pada gambar diatas merupakan gambaran sederhana dari denah yang akan menjadi arena robot untuk melakukan pendeteksian dan pemadaman sumber api. Arena robot ini berbentuk persegi panjang dengan panjang 200cm dan lebar 120cm. Garis atau area yang berwarna hitam merupakan sebuah dinding atau penghalang yang harus dihindari oleh robot. Kemudian untuk area yang ditandai dengan warna putih merupakan ruang yang dapat dilalui oleh robot dalam melakukan pendeteksian sumber api. Kemudian tanda bintang merupakan salah satu contoh tempat peletakan sumber api, yang dalam tugas akhir ini berupa lilin dengan tinggi 10-15 cm. Posisi lilin akan selalu berpindah untuk setiap percobaan.

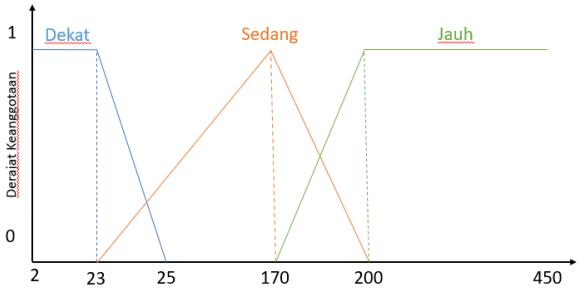
J. Perancangan Metode Fuzzy Mamdani

Pada perancangan *fuzzy* ini terdapat lima variable *input* yaitu sensor jarak kanan, sensor jarak serong kanan, sensor jarak depan, sensor jarak serong kiri dan sensor jarak kiri. Kemudian untuk *output* terdapat dua variable yaitu kecepatan kanan dan kecepatan kiri. Untuk variabel dari sensor jarak kanan, jarak serong kanan, jarak serong kiri dan kiri terdiri dari dua himpunan yaitu dekat dan jauh lalu untuk sensor jarak depan terdiri dari tiga himpunan yaitu dekat, sedang dan jauh dengan satuan panjang sentimeter (cm). Kemudian untuk variable *output* masing-masing mempunyai 3 himpunan yaitu, lambat, normal dan cepat. Untuk sensor jarak kanan, jarak serong kanan, jarak kiri dan jarak serong kiri masing masing sensor memiliki nilai interval yang sama maka akan dirangkum dalam satu kurva fungsi keanggotaan sensor, yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Kurva Fungsi Keanggotaan Sensor Jarak Kanan, Serong Kanan, Kiri & Serong Kiri

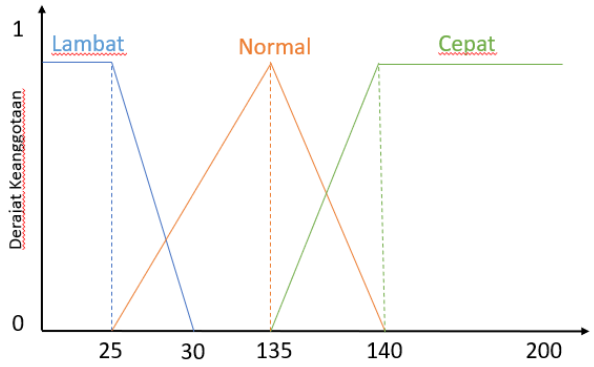
Kemudian sensor jarak depan memiliki kurva fungsi keanggotaan sensor yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Kurva Fungsi Keanggotaan Sensor Jarak Depan

Fungsi keanggotaan motor terdiri dari dua variabel yaitu motor DC kiri dan kanan. Masing-masing variabel memiliki tiga fungsi himpunan yaitu lambat, normal, dan cepat. Adapun bentuk kurva

keanggotaan motor dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Kurva Fungsi Keanggotaan Kecepatan Motor DC

Rule pada perancangan *fuzzy* ini menggunakan "*if-and*" dengan penghubung antara variabel *input* dan *output* adalah "*and*". Penelitian sistem kendali robot penghindar halangan dibuat sebanyak 48 *rule*.

Table 1. Rule Fuzzy

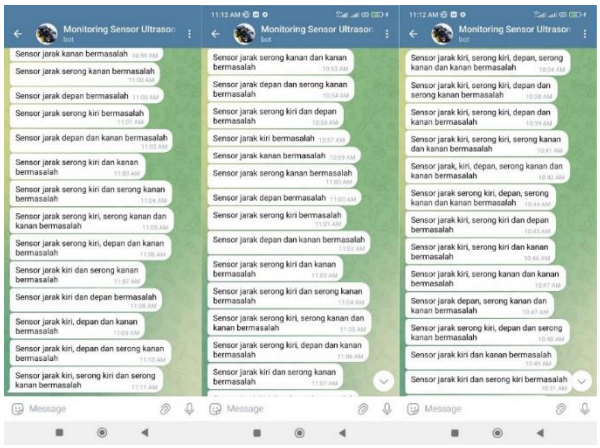
No	***Rule***
R1	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananLambat
R2	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriNormal *AND* KananNormal
R3	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananCepat
R4	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R5	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R6	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R7	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R8	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R9	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R10	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R11	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R12	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R13	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R14	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R15	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R16	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R17	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriNormal *AND* KananNormal
R18	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananCepat
R19	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R20	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R21	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R22	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R23	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND*

No	*Rule*
	DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R24	*IF* KiriDekat *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R25	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R26	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R27	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R28	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R29	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R30	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R31	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R32	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R33	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R34	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R35	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R36	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriDekat *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R37	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R38	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R39	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R40	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R41	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R42	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananDekat *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R43	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanDekat *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R44	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanSedang *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R45	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananDekat *AND* DepanJauh *THEN* KiriLambat *AND* KananCepat
R46	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanDekat *THEN* KiriCepat *AND* KananLambat
R47	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanSedang *THEN* KiriNormal *AND* KananNormal
R48	*IF* KiriJauh *AND* SerongKiriJauh *AND* KananJauh *AND* SerongKananJauh *AND* DepanJauh *THEN* KiriCepat *AND* KananCepat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Monitoring Sensor Ultrasonic Menggunakan Telegram

Pada pengujian ini akan dilakukan percobaan beberapa kondisi terkait kemungkinan sensor *ultrasonic* mana saja yang sedang bermasalah sehingga nantinya akan memberikan pesan ke telegram bot bahwa ada sensor *ultrasonic* pada alat yang bermasalah.

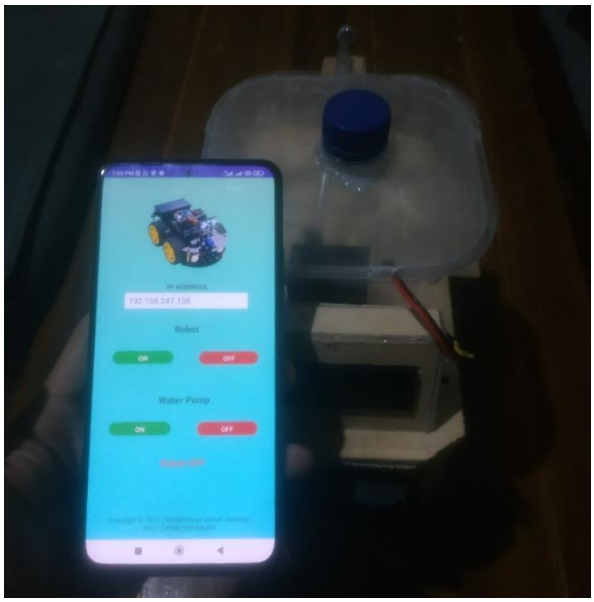


Gambar 10. Pesan Bot Telegram

Pengujian dilakukan sebanyak 31 kali pengujian untuk mendapatkan berbagai kondisi berbeda terkait sensor *ultrasonic* mana-mana saja yang kondisinya bermasalah agar didapatkan pesan yang berbeda pada tiap kondisinya sehingga dengan pesan tersebut dapat memudahkan untuk mengetahui sensor *ultrasonic* mana yang sedang bermasalah. Dari ke 31 pengujian tersebut seluruh pengujian berhasil mengirimkan pesan melalui telegram dengan isi pesan sesuai dengan kondisi sensor *ultrasonic* pada alat.

B. Hasil Pengujian Aplikasi Android

Tujuan pada proses pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa *delay* waktu dari aksi yang dilakukan pada aplikasi yang dapat mempengaruhi kondisi alat.



Gambar 11. Pengujian Aplikasi Android

Pada pengujian ini akan dilakukan 10 kali percobaan dari masing masing fungsi pada aplikasi yang dibuat. Fungsi-fungsi yang dibuat yaitu, tombol untuk menyalakan robot, tombol untuk mematikan robot, tombol untuk menyalakan *water pump* dan tombol untuk mematikan *water pump.* dalam 10 kali percobaan didapatkan rata-rata *delay* dalam menjalankan fungsi pada aplikasi untuk memengaruhi alat sebesar 1,72 detik untuk fungsi robot *on*, 1,64 untuk fungsi robot *off*, 1,66 detik untuk fungsi *water pump on* dan 1,68 detik untuk fungsi *water pump off*. *Delay* tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti komunikasi serial, kualitas sinyal dan kecepatan *processor microcontroller*

C. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem pada robot sudah berjalan sebagai mana mestinya atau belum.



Gambar 12. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian ini akan dilakukan 10 kali pengujian dengan 3 kali percobaan pada setiap pengujian , pengujian yang dilakukan adalah dengan menguji robot dalam mendeteksi dan memadamkan api di dalam arena yang sudah ditentukan. Dalam tiap pengujiannya posisi start robot dan posisi titik api akan berbeda beda, yang diperhatikan dari pengujian ini adalah apakah robot mampu mendeteksi dan memadamkan api, bila iya seberapa lama robot dapat mendeteksi dan memadamkan api tersbut. Dari 30 kali percobaan tersebut sebanyak 21 kali (70%) robot berhasil memadamkan api dan 9 kali (30%) gagal memadamkan api dengan total rata-rata waktu pemadaman api dari mobil mulai bergerak hingga api padam adalah 18.2 detik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan, pengujian dan implementasi sistem *wall-follower* robot pendeteksi dan pemadam api berbasis IoT dengan metode *fuzzy* mamdani dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1) Hasil dari perancangan *wall-follower* robot pendeteksi dan pemadam api ini menggunakan metode *fuzzy* mamdani untuk dapat mengatur kecepatan motor dc dengan kata lain untuk mengatur pergerakan robot, dengan memanfaatkan sensor jarak *ultrasonic* HY-SRF05 sebagai inputnya sehingga robot dapat bergerak secara otonom dengan menghindari halangan. Kemudian infrared flame sensor digunakan untuk mendeteksi adanya titik api, yang apabila sensor mendeteksi adanya api maka akan menyalakan relay untuk mengalirkan tegangan ke *mini submersible water pump* untuk menyemprotkan air agar api padam.

2) Hasil pengujian perhitungan metode *fuzzy* mamdani pada alat dibandingkan dengan dua komponen, yaitu dibandingkan dengan perhitungan manual dan perhitungan oleh aplikasi MATLAB. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa perhitungan *fuzzy* oleh alat tidak berbeda jauh dengan perhitungan manual dan perhitungan MATLAB dengan tingkat akurasi 97,99% dibandingkan dengan aplikasi MATLAB dan 96,5% dengan perhitungan manual.

3) Robot ini menerapkan konsep IoT dimana robot ini dapat terhubung dengan jaringan internet sehingga dapat dikontrol menggunakan aplikasi android dan dimonitoring melalui pesan dari bot telegram.

REFERENSI

[1] R. U. Amaliah, C. Rizal, A. Sundaru and R. , "SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN AKTIF DAN PASIF DI PUSKESMAS X KOTA TANJUNG PINANG," *Jurnal Kesehatan Ibnu Sina,* vol. 4, no. 2722-810X, pp. 1 - 11, 2023.

[2] R. D. Pratama, "RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI ROBOT MOBIL UNTUK PARKIR OTOMATIS DAN DAPAT MENDETEKSI OBSTACLE BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2018.

[3] A. Y. E. Dodu, A. and F. , "Perancangan Robot Pemadam Api Wall Follower Beroda dengan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus : Simulasi Kebakaran pada Komplek Perumahan Citraland Kota Palu)," *JURNALILMIAH INFORMATIKA GLOBAL,* vol. 10, no. 2302-500X, pp. 64 - 73, 2019.

[4] A. R. Putra and A. Susilo, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PEMADAM API BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560," Universitas Respati Indonesia, Jakarta, 2019.

[5] N. Aisyah, A. Rahman, R. Wirawan, Bilgah, S. Rachmawati, A. Medikano and A. Sebayang, "Pengujian Robot Otomatis Pendeteksi Rintangan Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Esensi Infokom,* vol. 5, pp. 1 - 6, 2021.

[6] T. Rachmadi, Mengenal Apa Itu Internet of Things, TIGA Ebook, 2020.

[7] A. R. Wardani, Y. N. Nasution and F. D. T. Amijaya, "APLIKASI LOGIKA FUZZY DALAM MENGOPTIMALKAN PRODUKSI MINYAK KELAPA SAWIT DI PT. WARU KALTIM PLANTATION MENGGUNAKAN METODE MAMDANI," *Jurnal Informatika Mulawarman* , Vols. 12, No.2, no. e-ISSN 2597-4963 dan p-ISSN 1858-4853, pp. 94-103, 2017.

[8] ARDUINO.CC, "ARDUINO DOCS," 26 April 2023. [Online]. Available: https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?selectedStore=us. [Accessed 22 Agustus 2023].

[9] Abdurrohman and S. Anwar, "PEMANFAATAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS UNTUK MONITORING TAMBAK UDANG VANAME BERBASIS SMARTPHONE ANDROID MENGGUNAKAN NODEMCU WEMOS D1 MINI," *Jurnal Infotronik,* Vols. 5, No.2, no. e-ISSN: 2549-7758, pp. 77 - 83, 2020.

[10] escapequotes, "EscapeQuotes," 19 Februari 2016. [Online]. Available: https://escapequotes.net/esp8266-wemos-d1-mini-pins-and-diagram/#comment-15055. [Accessed 29 April 2023].