

RANCANG BANGUN ROBOT PEMADAM API BERODA *FOUR WHEEL DRIVE* (4WD) BERBASIS KENDALI LOGIKA FUZZY

Muhammad Yasyfi¹⁾, Elang Dardian Mamdani, ST. MT²⁾, Muhammad Saleh, ST. MT³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Email: muhammadyasyfi@gmail.com

ABSTRACT

Progress in technology and robotic caused by the large number of research and also by uses in daily life. There are many methods in robotics control where one of them is fuzzy logic control .One of them that uses the Fuzzy Logic control is the fire extinguisher wheeled four wheel drive (4wd) robot. Where the fuzzy logic control is used to get 4 pieces motor's Output from 5 pieces input by reading the distance from ultrasonic sensors. By using Arduino Due as microcontroller with quickly speed to data processing, so that can process and calculate 79 rule set in this robot. With the use of 4WD allowed the robots to traverse the uneven as incline as well as by mamdani's fuzzy logic control, robots can quickly to find a fire, turn off the fire, and back to the starting point with the 100 % the success rate of 15 times experiments with the fastest is 30 seconds on speed average 33,47 seconds using fuzzy logic control which tis faster than not using fuzzy logic who has only the fastest speed is 32 seconds speed's average 35,73 seconds .

Keyword: 4WD Fire Exthinguish Robot, Arduino Due, Fuzzy Logic.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan teknologi dan robotika di dunia perguruan tinggi dan industri sangat berkembang pesat. Dengan banyak penelitian dan lomba-lomba banyak inovasi yang tercipta berupa teori-teori baru, metode, dan juga alat yang diharapkan dapat membantu mempermudah tugas manusia dalam melakukan suatu pekerjaan. Selain itu Tidak dapat dipungkiri banyak musibah yang terjadi karena human error dimana korban bisa saja terjadi pada pihak yang menanganinya seperti petugas kebakaran dalam sebuah kebakaran dimana kebakaran itu sendiri dapat membahayakan dirinya saat bertugas. Oleh sebab itu, timbulah ide untuk membantu tugas dari petugas pemadam itu sendiri untuk meminimalisir kebakaran yang besar dengan mencari dan memadamkan titik api, dimana batuan itu dapat berupa sebuah prototype robot yang dipertandingkan dalam Kontes Robot Pemadam Api baik nasional maupun internasional.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kecepatan robot dalam mencari titik api pada sebuah arena yang terdapat rintangan berupa medan yang tidak rata layaknya seperti puing-puing bangunan yang runtuh pada sebuah kebakaran dengan memanfaatkan kendali logika fuzzy sebagai sistem navigasi robot yang menggunakan 4 buah motor sebagai penggerak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian oleh Junaidi Santoso dkk yang dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Robot Mobil Pencari Target dan Penghingar Rintangan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy ” dimana dalam penelitiannya yang bertujuan untuk membangun sistem kendali robot mobil berbasis logika Fuzzy dengan kemampuan menghindari rintangan untuk mencapai posisi tujuan yang diinginkan menemukan permasalahan, yaitu salah satu faktor

penyebab kesalahan posisi adalah kekurangtelitian sensor posisi (*encoder*), dalam hal ini diperlukan kalibrasi yang cermat dari perancang. Penyebab lain adalah faktor fisik dari luar seperti lintasan yang kurang rata atau terjadi slip pada ban sehingga penulis mendapatkan kesimpulan yaitu Pengaturan sudut sensor berpengaruh terhadap tanggapan robot dalam menghindari rintangan, Unjuk kerja algoritma kendali reaktif yang digunakan sudah cukup baik sehingga robot mampu kembali menuju target setelah menghindari rintangan.

Pungky Eka Sasmita, dkk. dalam penelitiannya yang berjudul “Kontrol Penjejak Pada Robot Pemadam Api Menggunakan Sistem Pengindera Api Dan Posisi Jarak Dengan Metode Fuzzy Logic” yang menghasilkan sebuah robot yang mampu mengindari api menggunakan pergerakan kaki sebagai basis gerak dan metode Mamdani aturan COG. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah tingkat keberhasilan robot mencapai 75% untuk kembali pada posisi semula setelah melakukan tugas.

Iwan Setiawan, dkk dalam penelitiannya yang berjudul “Perancangan Robot Mobil Wall Following Menggunakan Kendali Logika Fuzzy” menghasilkan sebuah robot mobil kendali logika Fuzzy menggunakan metode Mamdani aturan COA yang menggunakan 2 sensor pada sisi kiri dan kanan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kendali logika Fuzzy yang diterapkan pada robot yang diciptakan menunjukan performa yang baik untuk selalu berada pada tengah dinding namun dapat ditemui bahwa beberapa kali percobaan pada sudut 90° robot yang diciptakan masih membutuhkan waktu yang lebih lama dan jarak yang cukup hal ini disebabkan karena sensor yang dipakai kurang presisi.

Mohammad Wasil. 2015 dalam penelitiannya yang berjudul “ Kontrol *Ultrasonic Range Finder* dan Pergerakan Robot Pemadam Api Menggunakan *Fuzzy Logic* ” yang menghasilkan sebuah robot pemadam api dengan menggunakan 3 buah sensor ultrasonik, 2 buah

motor dengan menggunakan kendali logika Fuzzy Sugeno dengan keberhasilan penggunaan algoritma penelusuran dinding kanan menggunakan metode logika Fuzzy, dimana robot berhasil memadamkan 100% dan mampu pulang kembali ke titik asal dengan persentase 94,4% dari 18 kali percobaan yang dilakukan, dimana dari penelitian ini menyarankan untuk menggunakan mikrokontroler yang lebih cepat dalam memproses data error robot sehingga robot akan bergerak lebih cepat.

2.2 Landasan Teori

1) Aktuator

Aktuator merupakan perangkat dari robot yang digunakan sebagai penggerak mekanik robot yang dapat berupa motor, pneumatic, dan hidrolis.

a. Motor DC

Motor DC *Gear Box* rasio 1:48 dengan kecepatan 120rpm dengan torsi 0,8 kg.cm merupakan motor yang digunakan sebagai penggerak robot pemadam api 4WD ini, karena kecepatannya yang stabil dan memiliki kemampuan berhenti yang tinggi dengan tegangan kerja dari 3-6 Volt dengan perintah *LOW* cocok saat pengereman. Motor DC ini dikombinasikan dengan roda berdiameter 80mm yang berlapis karet hitam seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Motor DC dengan rasio gear 1:48 + Roda diameter 80mm

b. Penyemprot Air Kaca Mobil

Penyemprot yang digunakan merupakan pompa penyemprot air kaca mobil atau yang biasa yang lebih dikenal dengan sebutan pompa air *wiper* seperti pada Gambar 2.2, dimana penyemprot ini difungsikan dengan mengaktifkan kerja motor yang terdapat didalamnya saat diberikan tegangan 12 VDC, penyemprot air kaca mobil akan menyemprotkan air yang ada didalam tabung penyimpanan dengan tekanan 3 Pa memungkinkan untuk memadamkan api pada jangkauan lebih dari 20cm.



Gambar 2.2. Penyemprot Air Kaca Mobil

2) Sensor

Sensor merupakan hal yang penting dalam pembuatan robot ini, dimana sensor merupakan indra dari robot itu sendiri guna untuk mengetahui keadaan lingkungan disekitar robot guna untuk membantu robot dalam menyelesaikan tugasnya.

a. Sensor Api Inframerah

Modul Sensor ini digunakan untuk mendeteksi api dengan memanfaatkan IR *receiver* seperti pada Gambar 2.3 yang peka terhadap gelombang IR dengan rentang 700nm - 1100nm yang merupakan rentang dari gelombang warna antara merah ke putih yang biasanya berasal dari api. Sensor ini sangat cocok diaplikasikan pada robot pendeteksi / pemadam api (*fire fighter robot*) dengan Arduino atau minsys lainnya untuk mengendalikannya dengan jarak pembacaan ± 30 cm secara garis lurus dari titik api ke sensor.



Gambar 2.3. Sensor Api Inframerah

b. Sensor Suara

Modul sensor suara FC-04 seperti pada Gambar 2.4 yang dapat mendeteksi intensitas suara sekeliling, mengidentifikasi keberadaan atau ketidakberadaan suara dengan sensitifitas *microphone* 48dB-52dB sehingga dapat difungsikan sebagai *sound activator* untuk mengaktifkan kerja robot setelah mendengar suara alarm.



Gambar 2.4. Sensor Suara FC-04

c. Sensor Kecepatan (encoder)

Sensor kecepatan seperti pada Gambar 2.5 yang banyak digunakan pada pendeteksi kecepatan motor, RPM, pengukur putaran, Tachometer, pembatas kecepatan dimana modul mengukur sinyal *Output* ketika sebuah objek terdeteksi pada celah di sensor tersebut.



Gambar 2.5. Sensor Kecepatan (*encoder*)

d. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 seperti pada Gambar 2.6 adalah Sensor yang mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 KHz) selama $t = 200$ us kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor Ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan perintah dari mikrokontroler. Kemampuan dari sensor ini sangat diandalkan dalam robot ini karena digunakan sebagai indra untuk menjejak dinding serta mengetahui jarak antara robot dengan rintangan yang

input dari sensor ini akan di proses dengan metode kendali yang digunakan.



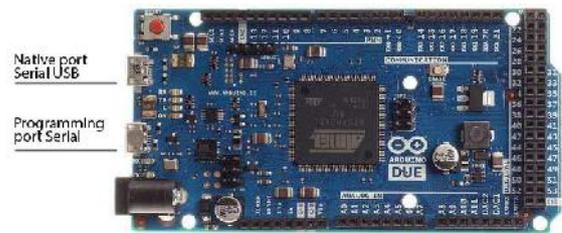
Gambar 2.6. Sensor Ultrasonik HC-SR 04

3) Komponen Elektronik

a. *Arduino Due*

Arduino Due seperti Gambar 2.7 adalah modul mikrokontroler berbasis Atmel SAM3X8E CPU, yang merupakan arduino pertama dengan 32-bit ARM core. Arduino Due memiliki 54 digital *input/output* pin (12 berfungsi sebagai PWM *Output*), 12 analog *input*, 4 UART (*hardware* serial port), 84 MHz *clock*, koneksi USB-OTG, 2 DAC (digital to analog), 2 TWI, 1 *power jack*, 1 SPI header, 1 JTAG header, 1 tombol reset dan 1 tombol hapus Berbeda dengan board Arduino lain, Arduino Due board berfungsi pada 3.3V. Tegangan maksimum yang dapat ditoleransi oleh pin I/O adalah 3.3V. Menggunakan tegangan yang lebih tinggi dapat merusak modul ini. Alasan menggunakan Arduino ini karena keunggulannya yaitu menggunakan CPU ARM Cortex-M3 yang memiliki fitur sbb:

- Core processor 32-bit yang memungkinkan operasi data sebanyak 4 byte sekaligus (tipe data DWORD) pada satu siklus waktu.
- Jauh lebih cepat dengan frekuensi CPU clock 84 MHz
- RAM statis / SRAM sebesar 96 KiloByte (48 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Uno, 12 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Mega 2560)
- Ruang untuk kode program / Flash Memory sebesar 512 KB (16 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Uno, 2 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Mega 2560).
- Terdapat pengendali akses memori langsung (Direct Memory Access / DMA controller) yang dapat membebaskan CPU dari operasi memori yang intensif.
- Terdapat dua kanal DAC (Digital-Analog-Converter) terpadu (Arduino lainnya memiliki ADC tapi tidak memiliki DAC yang merupakan komplemen fungsi dari ADC -- ADC mengubah sinyal analog menjadi digital, DAC mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog yang sesungguhnya / true analog. Bedakan dengan PWM yang men-simulasi-kan keluaran analog).
- Resolusi ADC yang lebih presisi hingga 12-bit (212 = 4096 jenjang, 0-4095) sebanyak 12 kanal
- Semua pin I/O dapat difungsikan sebagai *hardware external interrupt trigger*.



Gambar 2.7. Arduino Due

b. *H-Bridge Driver Mosfet*

Driver mosfet yang digunakan untuk robot ini adalah L298N Dual H Bridge DC Stepper Motor Drive Controller Board seperti pada Gambar 2.8 dimana sebagai chip utama memiliki performance yang tinggi mendukung hingga tegangan 46v, arus mencapai 3A Max dan power hingga 25w. Dapat digunakan untuk menjalankan 1x 2-phase stepper motor, 1x 4-phase stepper motor, atau 2 DC



Gambar 2.8. L298N H-Bridge Driver Mosfet

c. *DC Voltage Step-Down*

Modul konverter DC ke DC (DC-DC Converter) ini menggunakan IC LM2596S seperti pada Gambar 2.9 yang merupakan *Integrated Circuit* (IC) untuk mengubah tingkatan tegangan (*voltage level*) arus searah / *Direct Current* (DC) menjadi lebih rendah dibanding tegangan masukannya.

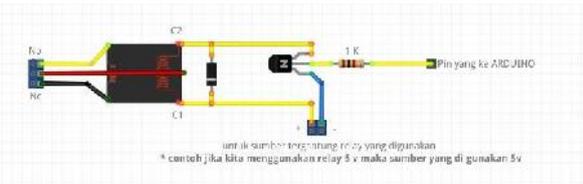
Tegangan masukan (*input voltage*) dapat dialiri tegangan berapa pun antara 3 Volt hingga 40 Volt DC, yang akan diubah menjadi tegangan yang lebih rendah di antara 1,5 Volt hingga 35 Volt DC. Besar arus berkelanjutan (*continuous current*) yang dapat ditangani modul elektronika ini sebesar 1,5A dengan arus puncak / *momentary peak current* 3A



Gambar 2.9. DC Voltage Step-Down

d. *Rangkaian Relai 5VDC*

Dalam pembuatan robot ini relai yang digunakan ialah relai 5 VDC dimana dipelukan *input* tegangan 5V untuk mengaktifkan tegangan dari coil relai 12 V ke *normally closed* yang dihubungkan ke aktuator sehingga mengaktifkan kerja dari penyemprot itu sendiri seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rangkaian Relay 5 VDC

4) Sumber Tegangan

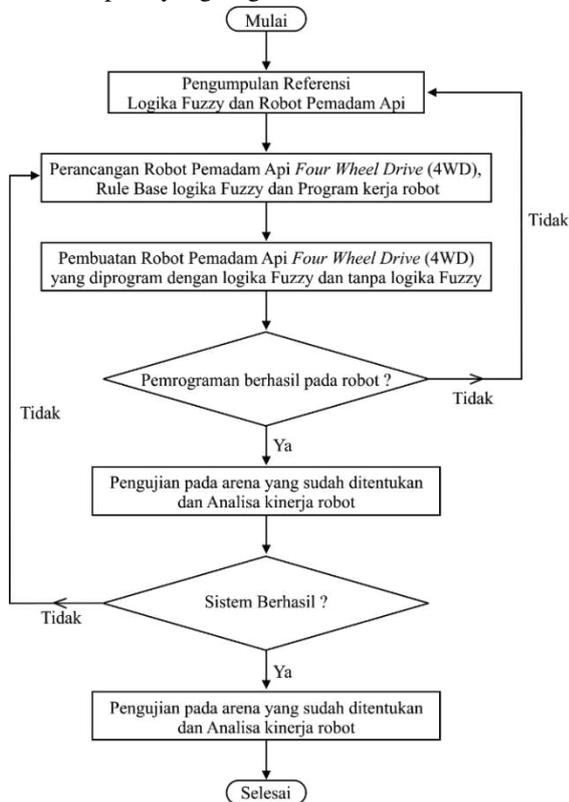
Baterai li-ion yang bertegangan 3,7 V seperti pada Gambar 2.11 dimana baterai ini sebagai sumber tegangan dari robot itu sendiri untuk disuplai ke perangkat elektronik yang diperlukan seperti : Arduino, Sensor, Motor serta komponen elektronik pendukung lainnya yang membutuhkan tegangan yang bervariasi dari 5 V hingga 12 V. Baterai dipasang secara seri untuk mendapatkan tegangan dikisaran 12 V karena beban tertinggi dari perangkat elektronik yang diperlukan adalah 12 V yaitu untuk mengaktifkan kerja dari penyemprot api itu sendiri.



Gambar 2.11. Baterai Li-Ion 3,7V

3. METODOLOGI PENELITIAN

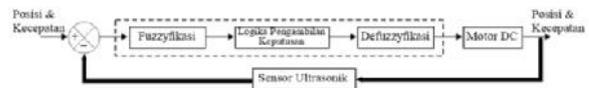
Dalam penelitian ini ada beberapa garis besar penelitian yang merupakan serangkaian tahapan yang tersusun seperti yang tergambar dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.1 Diagram Blok Sistem

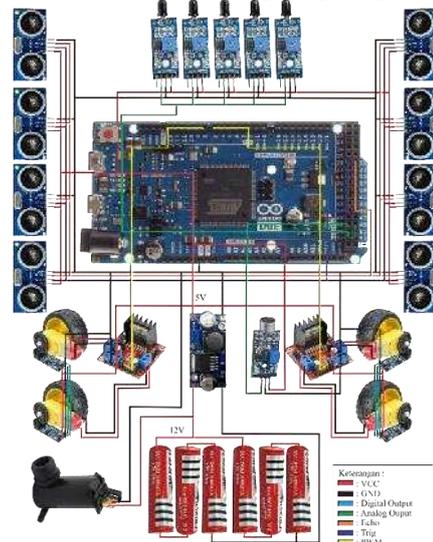
Robot yang dibuat akan dijalankan dengan kendali logika fuzzy dimana sistem kerjanya berdasarkan pada diagram blok seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Blok sistem kendali pergerakan robot

3.2 Desain Mekanik dan Elektronik

Robot yang dibuat berupa sebuah robot beroda dengan menggunakan 4 buah penggerak motor DC yang telah dilengkapi sensor kecepatan (encoder) dengan arus yang mengalir pada motor tersebut dikendalikan oleh driver L298N 2 buah, 8 buah ultrasonik sebagai pengindera jarak antara robot ke rintangan berupa dinding, 5 buah sensor api inframerah untuk mendeteksi adanya titik api, sensor suara sebagai sound activator, dan Arduino Due sebagai mikrokontroler dimana semua modul elektronik ini dirancang seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rangkaian Modul Elektronik Robot

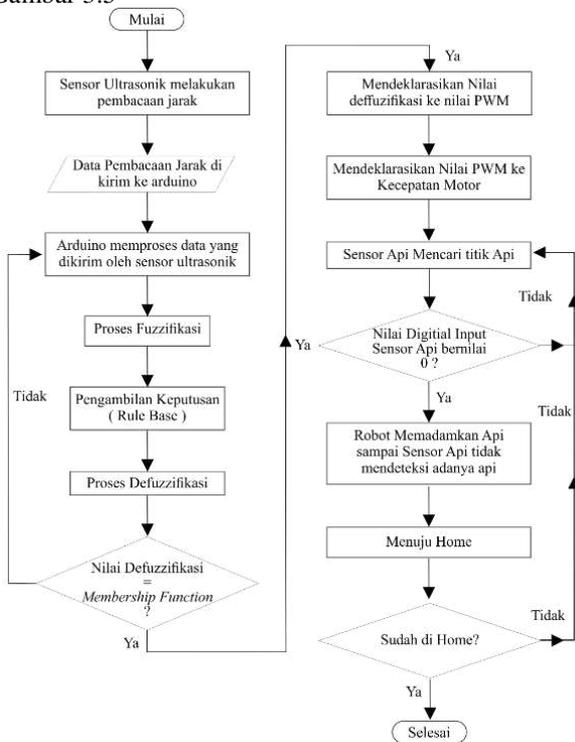
Rangkaian modul elektronik pada Gambar 3.3 diletakkan pada sebuah bodi robot bermaterial akrilik dengan rancangan bodi sesuai dengan yang telah didesain sehingga bentuk akhir robot seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Robot Beroda 4WD

3.3 Sistem Pergerakan Robot

Sistem pergerakan robot pemadam api beroda 4WD ini dibagi menjadi 2 buah bagian, yaitu navigasi robot dan sistem sensor api saat mendeteksi adanya titik api, dimana dalam robot ini yang diterapkan kendali logika fuzzy adalah robot pemadam api secara keseluruhan yang digambarkan pada diagram alir robot dengan menggunakan kendali logika Fuzzy pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Diagram Robot Menggunakan Logika Fuzzy

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah rancangan *software* dan *hardware* sudah dapat bekerja dengan optimal atau belum. Dari hasil pengujian, pengukuran dan perbandingan akan didapatkan data yang kemudian dianalisis untuk menentukan kinerja sistem yang dirancang untuk di bandingkan dengan robot tanpa pengendalian khusus.

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada pengujian tegangan VCC, yang diuji adalah nilai dari tegangan VCC sensor Ultrasonik dimana nilai yang tampil pada multimeter 4,94 Volt, sehingga jika dibandingkan dengan *datasheet* sensor ini yaitu tegangan Input 5 volt, maka memiliki *error* 1,2 %. Selain melakukan pengujian terhadap tegangan VCC, dilakukan pula pengukuran tegangan *Output* sensor ultrasonik dimana tampak dari hasil pengukurannya nilai

tegangan pulsanya akan berubah menjadi semakin besar saat jarak halangan semakin jauh.

4.2 Pengujian Sensor Api Inframerah

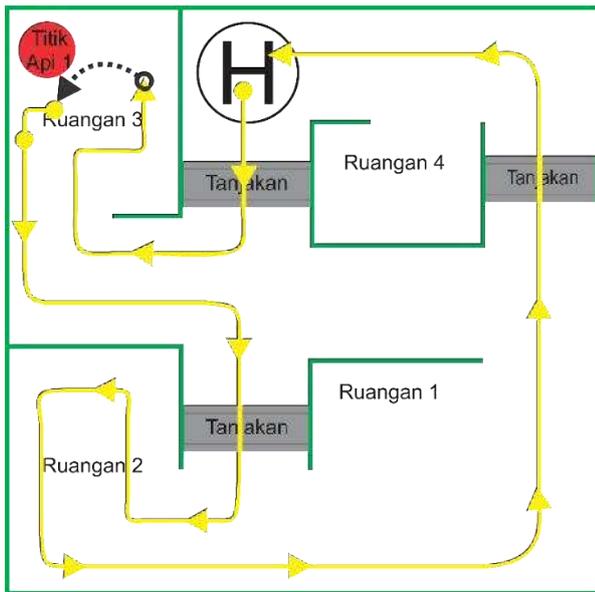
Hasil Pengujian nilai tegangan yang tampil pada multimeter sebesar 5 volt. sehingga jika dibandingkan dengan *datasheet* sensor ini yaitu tegangan VCC 5 volt, maka memiliki *error* 0 %. Selain tegangan VCC, dilakukan pula pengukuran untuk tegangan *Output* sensor, dimana dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai *Output* dari sensor api akan mendekati 0 saat sensor mendeteksi keberadaan titik api, untuk jaraknya sendiri tidak dapat diatur, sedangkan fungsi trimpot hanya untuk mengatur sensitifitasnya saja.

4.3 Pengujian Output Driver Motor L298N dan Sensor Encoder

Berdasarkan hasil pengukuran *Output* driver yang digunakan yang dibandingkan dengan *datasheet* yang ada, dimana dalam *datasheet* motor tersebut dikatakan tegangan maksimal motor adalah 6 V sedangkan yang kita gunakan adalah 12 V. Diketahui bahwa kelebihan dari tegangan yang digunakan, berdampak pada torsi yang dihasilkan karena saat dilakukan percobaan dengan menggunakan 6V dengan beban yang ada, robot tidak dapat bergerak dan setelah digunakan tegangan langsung dari 12 V namun tereduksi hanya menjadi 9 V yang dikarenakan beban untuk baterai itu sendiri tidak hanya untuk motor melainkan untuk komponen yang lain, sehingga dengan $\pm 9V$ tersebut robot dapat bergerak sesuai dengan putarannya. Lalu untuk putarannya sendiri sama persis dengan yang tertera pada *datasheet* yang mengatakan kecepatan maksimal dari motor tersebut adalah 120 rpm.

4.4 Pengujian Perbandingan Robot Pada Arena

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah program yang dibuat berjalan dengan baik atau tidak. Dengan melihat respon robot di arena yang diberi beberapa halangan berupa tanjakan dan dinding, kemudian akan dilakukan perhitungan dan keberhasilan robot dalam upaya menemukan dan mematikan titik api pada titik yang sudah ditentukan, dimana dilakukan 5 kali pengujian untuk setiap titik apinya sehingga total pengujian sebanyak 15 kali. Berikut adalah arah gerak robot melintasi arena pada Gambar 4.1, Gambar 4.3 dan Gambar 4.5 serta tabel hasil pengujian robot di titik api 1 pada Tabel 4.1, tabel hasil pengujian robot di titik api 2 pada Tabel 4.2 dan tabel hasil pengujian robot di titik api 3 pada Tabel 4.3.



Gambar 4.1 Arah gerak Robot di Lintasan pada titik api 1

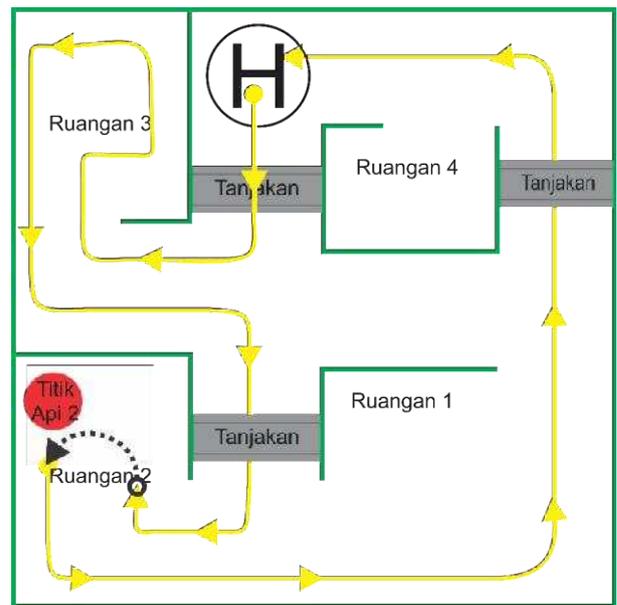
Tabel 4.1 Data Uji Coba Robot di titik api 1 pada Arena

Percobaan ke-	Robot Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy		Robot Menggunakan Logika Fuzzy	
	Waktu mencapai finish (detik)	Tabrakan pada dinding	Waktu mencapai finish (detik)	Tabrakan pada dinding
1	36	5	35	0
2	35	4	37	5
3	38	6	34	3
4	36	4	33	0
5	34	3	35	4
Waktu Tercepat	34	-	33	-
Rata-Rata	35,8	4,4	34,8	2,4

Pada Gambar 4.1 digambarkan alur gerak robot yang menyusuri ruang untuk mendapatkan titik api dan memadamkannya. Pada gambar tersebut terdapat garis putus-putus yang menunjukkan robot berhenti sejenak untuk mematikan api dan lanjut menyusuri ruangan setelah api dipadamkan. Selanjutnya untuk hasil Uji yang tampil pada Tabel 4.1 didapatkan data bahwa robot dapat menempuh waktu tercepat untuk mulai dari posisi awal, lalu memadamkan api, dan kembali ke posisi awal robot tanpa menggunakan logika Fuzzy menempuh waktu tercepat 34 detik dengan rata-rata waktu tempuh untuk 5 kali percobaan sebesar 35,8 detik dengan jumlah rata-rata tabrakan pada dinding adalah 4,4 kali atau dibulatkan menjadi 5 kali. Sedangkan dengan menggunakan pengendalian logika Fuzzy waktu tempuh tercepat adalah sebesar 33 detik dengan rata-rata waktu tempuh 34,8 detik dan rata-rata tabrakan pada dinding adalah 2,4 kali atau dapat dibulatkan menjadi 3 kali dimana dari hasil pengukuran tersebut diubah menjadi bentuk grafik seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Waktu tempuh terhadap percobaan pada titik api 1



Gambar 4.3 Arah gerak Robot di Lintasan pada titik api 2

Tabel 4.2 Data Uji Coba Robot di titik api 2 pada Arena

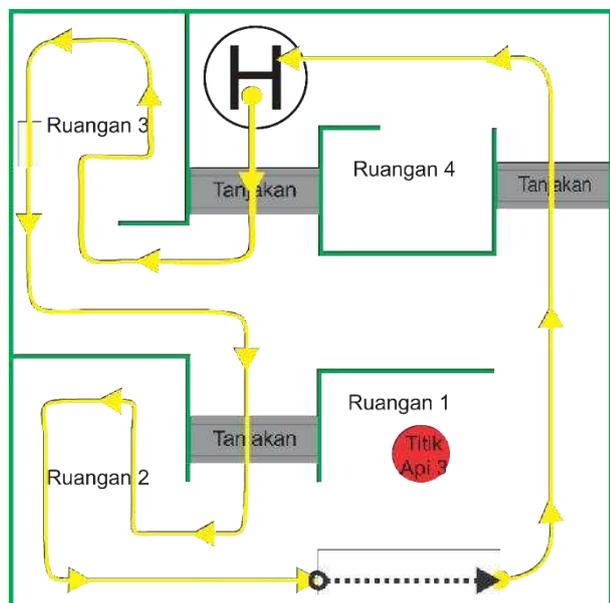
Percobaan ke-	Robot Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy		Robot Menggunakan Logika Fuzzy	
	Waktu mencapai finish (detik)	Tabrakan pada dinding	Waktu mencapai finish (detik)	Tabrakan pada dinding
1	34	5	33	3
2	32	2	30	3
3	35	4	34	4
4	34	4	33	4
5	38	6	32	2
Waktu Tercepat	32	-	30	-
Rata-Rata	34,6	4,2	32,4	3,2

Pada Gambar 4.3 digambarkan alur gerak robot yang menyusuri ruang untuk mendapatkan titik api 2 dan memadamkannya. Pada gambar tersebut terdapat garis putus-putus yang menunjukkan robot berhenti sejenak untuk mematikan api dan lanjut menyusuri ruangan setelah api dipadamkan. Selanjutnya untuk hasil Uji

yang tampil pada Tabel 4.2 didapatkan data bahwa robot dapat menempuh waktu tercepat untuk mulai dari posisi awal, lalu memadamkan api, dan kembali ke posisi awal robot tanpa menggunakan logika Fuzzy menempuh waktu tercepat 32 detik dengan rata-rata waktu tempuh untuk 5 kali percobaan sebesar 34,6 detik dengan jumlah rata-rata tabrakan pada dinding adalah 4,2 kali atau dibulatkan menjadi 5 kali. Sedangkan dengan menggunakan pengendalian logika Fuzzy waktu tempuh tercepat adalah sebesar 33 detik dengan rata-rata waktu tempuh 32,4 detik dan rata-rata tabrakan pada dinding adalah 3,2 kali atau dapat dibulatkan menjadi 4 kali dimana dari hasil pengukuran tersebut diubah menjadi bentuk grafik seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Waktu tempuh terhadap percobaan pada titik api 2



Gambar 4.5 Arah gerak Robot di Lintasan pada titik api 3

Tabel 4.3 Data Uji Coba Robot di titik Api 3 pada Arena

Percobaan ke-	Robot Tanpa Menggunakan Logika Fuzzy		Robot Menggunakan Logika Fuzzy	
	Waktu mencapai finish (detik)	Tabrakan pada dinding	Waktu mencapai finish (detik)	Tabrakan pada dinding
1	38	8	35	5
2	35	5	33	3
3	37	7	34	2
4	38	7	34	2
5	36	6	30	4
Waktu Tercepat	35	-	30	-
Rata-Rata	36,8	6,6	33,2	3,2

Pada Gambar 4.5 digambarkan alur gerak robot yang menyusuri ruang untuk mendapatkan titik api 3 dan memadamkannya. Pada gambar tersebut terdapat garis putus-putus yang menunjukkan robot berhenti sejenak untuk mematikan api dan lanjut menyusuri ruangan setelah api dipadamkan. Selanjutnya untuk hasil Uji yang tampil pada Tabel 4.3 didapatkan data bahwa robot dapat menempuh waktu tercepat untuk mulai dari posisi awal, lalu memadamkan api, dan kembali ke posisi awal robot tanpa menggunakan logika Fuzzy menempuh waktu tercepat 35 detik dengan rata-rata waktu tempuh untuk 5 kali percobaan sebesar 36,8 detik dengan jumlah rata-rata tabrakan pada dinding adalah 6,6 kali atau dibulatkan menjadi 7 kali. Sedangkan dengan menggunakan pengendalian logika Fuzzy waktu tempuh tercepat adalah sebesar 30 detik dengan rata-rata waktu tempuh 33,2 detik dan rata-rata tabrakan pada dinding adalah 3,2 kali atau dapat dibulatkan menjadi 4 kali dimana dari hasil pengukuran tersebut diubah menjadi bentuk grafik seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Waktu tempuh terhadap percobaan pada titik api 3

Dari 3 bentuk pengujian diatas didapatkan waktu tercepat dengan tanpa logika Fuzzy secara keseluruhan adalah 32 detik untuk mematikan titik api 2 sedangkan dengan menggunakan logika Fuzzy, waktu tercepat secara keseluruhan adalah 30 detik baik pada titik 2 maupun titik api 3.

Untuk memastikan bahwa hasil yang tertera pada pembacaan sesuai dengan hasil perhitungan logika Fuzzy yang ada pada MATLAB maka dilakukan pula pengambilan sampel letak robot pada 5 titik dimana Input yang terbaca oleh Ultrasonik dicocokkan dengan *Output* yang dihasilkan baik pada MATLAB ataupun arduino itu sendiri. Dimana untuk menampilkan Input dan *Output* dilakukan pembacaan serial pada arduino sehingga kita dapat mengetahui Input dan *Output* pada keadaan sesungguhnya. Untuk hasil percobaan 1 terdapat pada gambar dan untuk hasil 5 percobaan lainnya terdapat pada Tabel 4.4 serta untuk proses dan hasilnya dapat dilihat di Gambar 4.14 pada Lampiran C.

Pengambilan data posisi ini jika diukur jarak antara rintangan ke ultrasonik secara garis lurus didapatkan jarak 129 cm dari sensor samping kanan, 125.69 cm dari sensor depan tengah, 31.46 cm dari sensor samping kiri, 81.65 cm dari sensor sisi kanan dan 19.06 cm dari sensor sisi kiri. Namun data yang terbaca pada arduino terdapat pada Gambar (b) dimana pada gambar tersebut ditampilkan jarak pembacaan yang dituliskan dengan `g_fisInput[]` dimana secara berurutan nilai yang ditampilkan pembacaan dari mulai sensor sisi kanan [3], samping kanan [0], depan tengah [1], samping kiri [2], dan sisi kiri [4], sedangkan untuk *Output* ditampilkan dengan `g_fisOutput[]` yang secara berurutan menampilkan nilai PWM pada motor kanan depan [0], motor kanan belakang [1], motor kiri depan [2], dan motor kiri belakang [3] dan setelah itu adalah Input pembacaan api yang ditulis secara berurutan sensor api1 untuk kanan ujung, sensor api2 untuk nomor 2 dari kanan, api3 untuk sensor api tengah, api 4 untuk sensor nomor 2 dari kiri, dan api5 untuk sensor api paling kiri, dan selanjutnya nilai pembacaan dari sensor suara. Terjadi pula perbedaan antara jarak sesungguhnya dengan jarak yang terbaca yang disebabkan oleh logika tambahan yang didapatkan dimana apabila pembacaan bernilai lebih dari 80 cm dianggap 80 cm hal ini dilakukan karena pada perancangan logika Fuzzy jarak maksimal yang dimasukkan adalah 80 cm guna untuk mengurangi perhitungan yang lebih berat. Lalu terdapat pula perbedaan yang terjadi pada sensor samping kiri dimana pada pembacaan serial, nilai yang terbaca adalah 80 dimana hal ini disebabkan oleh permukaan yang tidak dapat memantulkan kembali gelombang ke sensor ultrasonik yang menyebabkan pembacaan yang eror dan dianggap lebih dari 80 cm. Dari hasil pembacaan serial pada arduino dilakukan pula perhitungan *Output* di Fuzzy Toolbox pada MATLAB dengan memasukkan nilai yang terbaca oleh arduino dimana hasilnya terdapat pada Gambar (c) yang mana hasilnya sama dengan yang tertera di MATLAB. Selain pengambilan data pada posisi tersebut, dilakukan pula pengambilan data pada 5 titik yang berbeda yang hasilnya Input terdapat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Input dari sensor Ultrasonik pada Arduino dan MATLAB

Input (I)	Nilai pada Arduino (cm)					Nilai pada Matlab (cm)				
	Percobaan ke-									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
I1 (Sensor Kanan Samping)	80	80	80	15	80	80	80	80	15	80
I2 (Sensor Tengah)	80	22	80	80	20	80	22	80	80	20
I3 (Sensor Kiri Samping)	80	24	80	80	80	80	24	80	80	80
I4 (Sensor Sisi Kanan)	80	80	58	80	12	80	80	58	80	12
I5 (Sensor Sisi Kiri)	19	26	80	80	80	19	26	80	80	80

Setelah dilakukan komputasi berdasarkan input pada Tabel 4.4, lalu didapatkan hasil *Output* setelah melalui proses defuzzyfikasi pada MATLAB dan pada Arduino dengan menggunakan pembacaan serial dimana hasilnya tertera pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil *Output* proses Defuzzyfikasi pada Arduino dan MATLAB

Output (O)	Hasil Arduino (0-100% Duty Cycle = PWM 0-255)					Hasil Matlab (0-100% Duty Cycle = PWM 0-255)				
	Percobaan ke-									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
O1 (Motor Kanan Depan)	1 5 6	1 7 6	1 6 1	1 7 6	2 3 1	1 5 6	1 7 6	1 6 1	1 7 6	2 3 1
O2 (Motor Kanan Belakang)	4 4 · 5	4 6 · 1	4 3 · 4	4 3 · 4	2 3 1	4 4 · 5	4 6 · 1	4 3 · 4	4 3 · 4	2 3 1
O3 (Motor Kiri Depan)	1 9 5	2 3 1	1 9 6	2 3 4	1 7 5	1 9 5	2 3 1	1 9 6	2 3 4	1 7 5
O4 (Motor Kiri Belakang)	1 9 5	2 3 1	1 9 6	2 3 4	4 6 9	1 9 5	2 3 1	1 9 6	2 3 4	4 6 9

Pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 ditunjukkan bahwa hasil yang tertera pada pembacaan serial arduino sama dengan yang terdapat pada MATLAB, dimana hal ini disebabkan oleh program kendali logika Fuzzy yang terdapat pada arduino merupakan hasil dari program MATLAB yang berekstensi .fis yang berisi program kendali logika Fuzzy yang telah kita rancang. Dari *Output* yang dihasilkan pula kita dapat melihat keadaan adanya perbedaan nilai PWM pada salah satu sisi motor robot, dimana hal ini disebabkan oleh perputaran roda pada 1 sisi tidak membuat robot berbelok, hanya

melakukan pergerakan menyerong ke sisi berlawanan. Oleh sebab itu dibuatlah rule yang menghasilkan *Output* nilai yang berbeda pada robot yang tidak bergerak motornya, hal ini ditujukan agar ada salah satu sisi roda yang mengarah berlawanan sehingga robot dapat berbelok dengan akurat. Namun data yang diatas merupakan data yang didapat pada saat robot dikondisikan pada titik tertentu, dimana *Output* yang didapat sangat bergantung pada kinerja sensor, karena arduino yang digunakan merupakan arduino yang memproses data dengan kecepatan pengiriman yang tinggi dari data pengukuran oleh sensor sehingga dapat menghasilkan perhitungan yang cepat dan mendapatkan hasil *Output* yang cepat serta mengirimkan perintah ke komponen pendukung dimana dalam hal ini adalah modul driver motor.

5. PENUTUP

Dari hasil pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan, maka ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Robot Pemadam Api 4 WD dengan kendali Logika Fuzzy dapat bekerja sesuai dengan perancangan.
2. Pemrograman bahasa C/C++ tanpa menggunakan logika Fuzzy dan menggunakan logika Fuzzy pada robot pemadam api beroda 4WD dapat bekerja dengan baik.
3. Kendali Logika Fuzzy pada Robot Pemadam Api Beroda 4WD digunakan untuk kendali otomatis kecepatan motor sebagai navigasi robot.
4. Dibandingkan dengan robot yang sudah ada, biaya pembuatan robot ini lebih kecil.
5. Robot dapat mematikan api dengan ketinggian antara ≥ 15 cm dan ≤ 20 cm.
6. Robot dapat memadamkan api dengan persentase 100% dari 15 kali percobaan dengan rata-rata waktu pemadaman tanpa pengendalian logika Fuzzy yaitu 35,8 detik untuk titik api 1, 34,6 detik untuk titik api 2, dan 36,8 detik untuk titik api 3. Lalu dengan menggunakan kendali Logika Fuzzy didapatkan rata-rata waktu tempuh yaitu 34,8 detik untuk titik api 1, 32,4 detik untuk titik api 2, dan 33,2 detik untuk titik api 3 dimana apabila ditotalkan rata-rata waktu tempuh dalam percobaan ini adalah 35,73 detik tanpa menggunakan logika fuzzy dan 33,47 detik dengan menggunakan logika fuzzy.

Saran untuk pengembangan robot pemadam api beroda four wheel drive (4WD) dengan implementasi logika fuzzy adalah:

1. Menambahkan beberapa aktuator untuk penyemprot yang membuat penyemprot bisa bergerak ke segala arah yang dapat mengadaptasi posisi tinggi api.
2. Untuk mendeteksi api yang lebih jauh dapat ditambahkan sensor api inframerah lebih banyak untuk daerah samping atau dengan mengganti dengan sensor api UVtron dengan begitu fungsi

dari sensor garis untuk mendeteksi ruangan dapat digunakan sehingga robot tidak memasuki ruangan yang tidak ada titik api untuk meminimalisir waktu yang digunakan untuk menjalankan tugasnya.

3. Sensor Ultrasonik dan sensor Api Inframerah dapat diganti dengan sensor kamera sehingga meminimalisir penggunaan jumlah sensor yang banyak.
4. Untuk mengurangi komputasi yang berat yang disebabkan oleh jumlah RULE yang banyak dapat dilakukan pengurangan terhadap jumlah fungsi keanggotaan (membership function).
5. Untuk penggunaan Input yang banyak dan komputasi yang cepat diperlukan sensor dengan spesifikasi yang lebih tinggi dan hasil yang lebih akurat serta menambahkan beberapa sensor agar dapat melakukan pembacaan pada sudut tertentu sehingga celah antar sensor semakin kecil .
6. Mencoba metode FIS lain seperti Sugeno atau Tsukamoto untuk membandingkan dengan menggunakan dengan Logika Fuzzy Mamdani
7. Menambahkan sensor lain atau mengganti fungsi dari robot sebagai pencari api menjadi pencari arus bocor pada jaringan kabel atau pendeteksi bom dengan menggunakan sensor metal detektor.

REFERENSI

- Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia. 2015. Panduan Peraturan Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) 2016 , <http://kontesrobotindonesia.org/datakontes/2016/PanduanKRPAI2016.pdf>. Jakarta
- Intitut Pertanian Bogor. 2012. Sistem Pakar : Penalaran Fuzzy. Bogor : Departemen Ilmu Komputer Institut Pertanian Bogor.
- Ogata, Katsuhiko. 1994. Teknik Kontrol Otomatik jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Solikin, Fajar, 2011. Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimisasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno. Yogyakarta : Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta
- Santoso, Junaidi dkk, 2011. Rancang Bangun Robot Mobil Pencari Target Dan Penghindar Rintangan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy. Semarang : Jurusan Teknik Elektro FT UNDIP, Universitas Diponegoro.
- Sasmita, Pungky Eka dkk, 2012. Kontrol Penjejak Pada Robot Pemadam Api Menggunakan Sistem Pengindera Api Dan Posisi Jarak Dengan Metode Fuzzy Logic. Surabaya : Jurusan Tehnik Elektro FTI-ITS, Institut Tehnik Sepuluh November.
- Setiawan, Iwan dkk, 2013. Perancangan Robot Mobil Penjejak Dinding Koridor Menggunakan Kendali

Logika Fuzzy. Semarang : Jurusan Teknik Elektro FT UNDIP, Universitas Diponegoro.

Wasil, Muhammad dkk, 2015. Kontrol Ultrasonicrangefinder dan Pergerakan Robot Pemadam Api Menggunakan Fuzzy Logic. Madura : Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura.

Sudrajat, 2008. Dasar-dasar Fuzzy Logic. Bandung : Jurusan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran.

The MathWorks, Inc, 1999. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. Prime Park Way : The MathWorks, Inc

GVU's 8th WWW user survey. (n.d.). September 13, 2001.

http://www.gvu.gatech.edu/user_surveys/survey-1997-1

BIOGRAFI



Muhammad Yasyfi Lahir di Singkawang, Kalimantan Barat Indonesia, 14 Januari 1995. Putra Keempat dari empat bersaudara. Penulis merupakan mahasiswa Teknik Elektro Untan konsentrasi Teknik Kendali angkatan 2012 yang pernah menjabat sebagai Ketua Himpunan Mahasiswa

Elektro Fakultas Teknik Untan periode 2015/2016 dan Telah memperoleh gelar Sarjana dari program Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura Indonesia pada tanggal 24 Mei 2017 dengan masa studi \pm 4 Tahun 8 Bulan.

Riwayat Pendidikan :

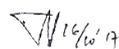
2000-2006 : SDN 17 Singkawang Tengah
2006-2009 : SMPN 3 Singkawang Tengah
2009-2012 : SMAN 3 Singkawang Tengah
2012-2017 : Teknik Elektro Konsentrasi Kendali
Teknik Elektro UNTAN

Menyetujui,

Pontianak, 16 Oktober 2017

Pembimbing Utama

Pembimbing Pembantu



Elang Dardian Mardani, ST. MT,

Muhammad Saleh, ST. MT