

KONTROL *ULTRASONICRANGEFINDER* DAN PERGERAKAN ROBOT PEMADAM API MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*

Mohammad Wasil

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang, PO BOX 2, Kamal, Bangkalan - 69162
Email: achinqs@gmail.com

ABSTRAK

Robot merupakan salah satu teknologi yang diminati dalam beberapa tahun terakhir. Pemanfaatan robot yang sering kali ditemukan pada bidang industri telah banyak membantu pekerjaan manusia. Selain itu juga dikembangkan robot-robot yang dapat membantu untuk menyelesaikan misi di medan berbahaya, seperti robot penjinak bom dan robot pemadam api. Robot pemadam api merupakan robot yang mendapat perhatian dari pemerintah Indonesia dalam pengembangannya. Diadakannya Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) merupakan dukungan pemerintah terhadap mahasiswa di universitas untuk mengembangkannya. Robot pemadam api yang dirancang pada penelitian ini menggunakan sensor *ultrasonic* sebagai pengukur jarak, UVTron sebagai pendeteksi api, dan photodiode untuk membedakan warna lantai. Sistem pergerakan robot dalam melakukan pencarian api menggunakan metode *fuzzy logic* yang terdiri dari dua *input* dan *output*. *Input* dari kontroler *fuzzy* ini merupakan data dari sensor *ultrasonic* depan dan kanan, sedangkan *output*nya merupakan kecepatan motor kanan dan kiri pada robot. Pada ujicoba terhadap *kontroller fuzzy* yang dilakukan di 60 kondisi berbeda, robot hanya mengalami *error* pada motor kanan sebesar 0,10% dan motor kiri sebesar 0,28%. Sedangkan pada pengujian robot dalam mencari dan memadamkan api, didapatkan tingkat prosentase keberhasilan sebesar 100%. Penggunaan *fuzzy logic* sebagai kontroler mampu membuat robot bergerak stabil, responsif, dan terhindar dari halangan dalam pergerakannya.

Kata Kunci: sensor *ultrasonic*, kontroler *fuzzy*, robot pemadam api

ABSTRACT

Robot is one of the technologies that are of interest in recent years. The utilization of robots that are often found in industrial areas has been helping people work. It also developed robots that can help to complete the mission in dangerous terrain, such as bomb disposal robots and robotic fire extinguisher. Fire fighting robot get the attention of the Indonesian government in development. Fire Extinguisher holding Indonesian Robot Contest (KRPAI) is government support for students at the university to development. Fire fighting robot designed this study using ultrasonic sensors as distance of direction, UVTron as fire detection, and photodiode to distinguish the color of the floor. Movement of the robot system to search the fire using fuzzy logic method consists of two inputs and outputs. The input of the fuzzy control is the data from ultrasonic front and right of sensors, and the output is a right and left motor speed on the robot. In a trial of the fuzzy controller is carried out in 60 different conditions, the robot only had an error on the right motor of 0.10% and 0.28% left motor. While the robotic testing in the search for and extinguish fire, found the percentage success rate of 100%. The use of fuzzy logic as a mobile robot controller was able to make a stable, responsive, and avoid obstacles in the movement.

Key Words: *ultrasonic sensors, fuzzy controller, fire fighting robot*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini menjadi faktor utama dalam pengembangan SDM suatu negara, termasuk Indonesia. Beberapa negara maju memanfaatkan teknologi dalam membantu pekerjaan manusia, seperti pabrik industri yang menggunakan tenaga robot dalam mengolah pekerjaan-pekerjaan yang sulit. Robot tidak hanya digunakan di dunia perindustrian, sebagian di negara-negara maju sudah banyak menggunakannya untuk membantu pekerjaan rumah tangga. Oleh karena itu robotika merupakan salah satu dari sekian teknologi yang diminati dalam dunia pendidikan maupun riset.

Di Indonesia banyak dikembangkan robot yang mampu menyelesaikan misi di medan yang berbahaya, seperti robot penjinak bom dan robot pemadam api. Robot pemadam api merupakan robot yang mempunyai misi untuk memadamkan api dengan menggunakan posisi jarak sebagai kontrol pergerakan robot. Kecerdasan robot dalam bermanuver dipengaruhi oleh metode yang digunakan dalam mengolah data sensor. Metode yang sering diteliti pada manuver robot untuk menyusuri dinding seperti, metode *Cosinus*, *Proportional Integratif and Derivatif* (PID), *fuzzy logic* dan *neuro fuzzy*. *Fuzzy logic* merupakan metode yang paling sederhana untuk mengontrol pergerakan robot. *Fuzzy logic* mampu mengondisikan robot sesuai keadaan yang *real time*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *fuzzy logic* sebagai kontrol dari sensor *Ultrasonic* dan pergerakan robot pemadam api. Penggunaan kontroler *fuzzy logic* pada robot pemadam api diharapkan mampu membuat robot bergerak dengan stabil dan menghindari halangan pada arena. Kriteria dan pengujian robot mengacu pada peraturan kontes robot pemadam api indonesia (KRPAI) 2014.

2. Tinjauan Pustaka

A. Penelitian Sebelumnya

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian oleh Rully Muhammad Iqbal, Rudi

Dikairono, Tri Arief Sardjono melakukan penelitian pada jurnal yang berjudul “*Implementasi Sistem Navigasi Behavior-Based Robotic dan Kontroler Fuzzy pada Manuver Robot Cerdas Pemadam Api*” [1]. Penelitian tersebut menggunakan *fuzzy logic* sebagai controller pergerakan robot, dan menggunakan algoritma *Behavior-Based Robotic* pada strateginya. *Input* controller *fuzzy* terdiri dari dua *input* yaitu, *error* dan *delta error*. Nilai *error* diperoleh dari ketidaksesuaian jarak robot dengan jarak yang sudah ditentukan dalam program. Sedangkan *delta error* diperoleh dari selisih *error* dengan *error* sebelumnya. Penggunaan algoritma *behavior based* pada penelitian tersebut digunakan untuk mencatat setiap perubahan kondisi pada robot. Pencatatan tersebut digunakan untuk mengetahui navigasi saat pulang ke *home* agar robot melewati jalur terpendek dari sumber api. Kesimpulan dari penelitian tersebut mampu membuat robot bermanuver dengan cepat, halus dan aman pada tuning eksperimen dengan Gain $K_e=30$, $K_d=1$, dan $K_u=8$.

Pungky Eka Sasmita juga pernah melakukan penelitian pada tahun 2011 dalam paper yang berjudul “*Kontrol Penjejak Pada Robot Pemadam Api Menggunakan Sistem Pengindera Api Dan Posisi Jarak Dengan Metode Fuzzy Logic*” [2]. Penelitian tersebut fokus pada penerapan logika *fuzzy* pada *manuver* robot berkaki (*hexapod*). Kontroler *fuzzy* yang diterapkan menggunakan metode Mamdani dengan dua *input* yaitu, *error* dan *haluan*. *Error* pada penelitian tersebut merupakan perbedaan jarak robot dengan set jarak yang sudah ditentukan. Kesimpulan dari penelitian tersebut didapatkan persentase keberhasilan memadamkan api menggunakan algoritma *left wall following* sebesar 75%.

Penelitian yang dilakukan oleh Fernando Ardilla, Dadet Pramadihanto, Gigih Prabowo, dan Didik Setyo Purnomo dalam jurnal *IES* yang berjudul “*Model pembobotan Ultrasonic Rangefinder sebagai input kontrol fuzzy untuk obstacle avoidance pada Robot Cerdas Pemadam Api*” [3]. Pada penelitian ini sensor

ultrasonic tidak secara langsung dijadikan sebagai *inputfuzzy*, namun dilakukan pembobotan sensor supaya *inputfuzzy* tidak terlalu banyak. Sensor yang dibobotkan terdiri dari 3 sensor sebelah kanan dan kiri, sedangkan model pergerakannya menggunakan metode *left wall following* dan *right wall following*. Kesimpulan dari penelitian tersebut didapatkan kontrol *fuzzy* yang lebih cepat karena hanya terdiri dari dua variabel *input* yang sudah dibobotkan. Variabel *input* tersebut yaitu kecepatan dan haluan, sehingga dengan dibobotkannya sensor *ultrasonic*, tidak perlu lagi memfuzzifikasikan enam sensor yang mengakibatkan banyaknya *rule* dan memperlambat kinerja kontroller *fuzzy*.

B. Landasan Teori

Microcontroller

Microcontroller merupakan piranti yang digunakan untuk mengolah data biner dan didalamnya terdiri dari rangkaian-rangkaian elektronika yang dikemas dalam bentuk *chip(IC)* [4]. Ada beberapa jenis *microcontroller*, salah satunya buatan dari *Atmel* yaitu *ATMega*, *ATTiny*, dan *ATxMega*. Penelitian ini menggunakan *ATMega 32* sebagai master program dan *ATMega 8* sebagai master untuk sensor *ultrasonic*.

a. ATMega 32

ATMega 32 merupakan *microcontoller* 8 bit yang memiliki performa tinggi dengan daya rendah. *MicrocontrollerATMega 32* ini nantinya akan dijadikan sebagai master program dari robot pemadam api.*ATMega 32* terdiri dari 32 *pininput/output*, 8 *channelADC*, dan memiliki *USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter)* [5].

b. ATMega 8

ATMega 8 merupakan *microcontroller* yang memiliki performa tinggi dengan daya rendah.*ATMega 8* pada penelitian ini digunakan sebagai prosesor pengolah data sensor *ultrasonic*.*ATMega 32* terdiri dari 23 *pininput/output*, 8 *channel ADC*, dan memiliki *USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter)* [6].

Sensor

Sensor merupakan alat indera bagi robot. Sensor memberikan informasi pada *microcontroller* terhadap apa yang ditangkap oleh sensor tersebut. Sensor yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

a. Ultrasonic

Ultrasonic merupakan sensor yang memancarkan gelombang suara dan sekaligus menerima pantulan dari suara yang dipancarkan.*Ultrasonic* terdiri dari *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.Pemancar *ultrasonic* mampu memancarkan 106dB dan penerimanya mampu menerima -65dB [7].



Gambar 1. Sensor Ultrasonic

Cara kerja sensor ini yaitu dengan memberikan gelombang 40 kHz pada pemancar *ultrasonic* dan mengubahnya menjadi gelombang suara dengan frekuensi yang sama. Gelombang yang dipantulkan akan diterima oleh *receiver* dan diubah menjadi gelombang listrik.

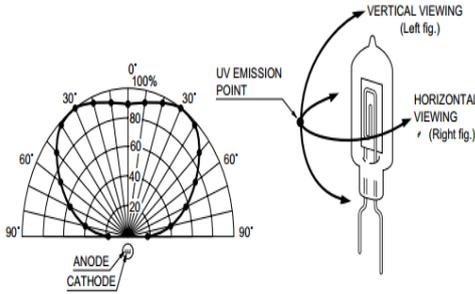
b. UVTron

UVTron merupakan sensor yang mendeteksi adanya gelombang *ultraviolet* pada range 185-260 nm yang bekerja pada tegangan 300 Vdc [8]. Supply tegangan yang tinggi pada sensor *UVTron* harus didukung oleh *driver* yang mampu menghasilkan tegangan 300Vdc, *driver* yang digunakan yaitu C3704 [9].Sensor dan *driver UVTron* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. UVTron dan Driver C3704

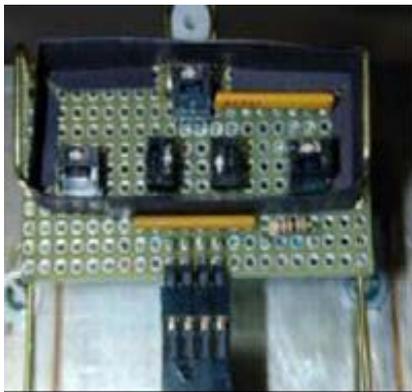
Sensor UVTron mampu mendeteksi nyala api pada lilin. Sinyal yang diterima oleh tabung UVTron oleh *driver* C3704 diubah menjadi data digital *HIGH/LOW*. Area yang bisa terdeteksi oleh sensor UVTron ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Area Sensitivitas UVTron

c. Sensor Garis (Photodiode)

Sensor garis merupakan sensor yang terdiri dari *superbright* sebagai pemancar dan *photodiode* sebagai penerima seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Sensor ini mampu membedakan warna pada lantai. *Output* dari sensor ini dimasukkan pada PIN ADC *Microcontroller*. Data yang diterima oleh *microcontroller* berada diantara 0 – 1023, tergantung dari bit ADC pada *microcontroller* yang digunakan.



Gambar 4. Sensor Garis (*photodiode*)

Aktuator

a. Motor Penggerak Utama

Motor penggerak utama robot menggunakan dua buah motor DC 12V yang masing-masing motor kanan dan motor kiri. Motor yang digunakan sudah include *gearbox* didalamnya agar torsi motor lebih besar. Motor ini bekerja apabila diberikan sinyal PWM yang perhitungannya dilakukan oleh *microcontroller*.



Gambar 5. Motor DC 12V

Untuk menggerakkan motor DC seperti ditunjukkan pada Gambar 5, diperlukan rangkaian *driver* sebagai penguat arus. Rangkaian *driver* ini digunakan karena arus dari *microcontroller* kecil, sehingga perlu arus tambahan untuk menguatkan arus pada motor.

b. Servo Penggerak Motor Kipas

Servo merupakan motor DC yang dilengkapi dengan rangkaian kendali yang terintegrasi dalam motor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Motor servo mampu bekerja dua arah, yaitu CC dan CCW. Arah dan sudut pergerakannya dapat dikendalikan dengan PWM pada bagian *pincontroller* servo tersebut.



Gambar 6. Motor servo

Servo menggerakkan sensor UVTron dan kipas supaya mendapatkan sudut pandang robot terhadap titik api. Sudut pandang ini digunakan agar robot tidak perlu berputar saat kipas dinyalakan untuk memadamkan api.

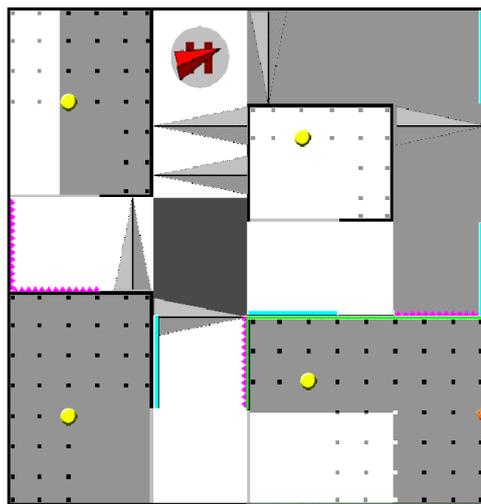
c. Motor Penggerak Kipas

Motor penggerak kipas merupakan motor yang memutar baling-baling kipas untuk memadamkan titik api. Motor ini sama halnya dengan motor DC penggerak robot, namun menggunakan relay sebagai

drivernya. Motor akan bergerak apabila diberi sinyal *HIGH* oleh *microcontroller*.

3. Metode

Robot pemadam api merupakan robot yang mempunyai misi untuk memadamkan api yang berada pada salah satu ruangan di arena Kontes Robot Pemadam Api. Robot pemadam api disimulasikan dalam bentuk pertandingan yang menyusuri lorong dan ruangan pada arena seperti pada Gambar 7. Gambar tersebut merupakan arena pertandingan kontes robot pemadam api 2014. Dimana pada arena tersebut robot harus mampu memadamkan api dan kembali pada titik *home*. Selama pergerakan robot menyusuri lorong dan ruangan, disinilah *kontroller fuzzy* diterapkan pada pergerakan tersebut.



Gambar 7. Lapangan KRPAI [9]

A. Perancangan Mekanik dan Elektronika

Sistem mekanik robot menyerupai mobil dengan dua roda utama di sisi belakang dan dua roda bebas di sisi depan. Robot dibuat dengan susunan tiga lantai, lantai pertama terdiri dari motor utama, sensor *photodiode* dan baterai. Lantai kedua terdiri dari *driver* motor dan sensor *ultrasonic*. Lantai ketiga terdiri dari rangkaian elektronika, lcd, sensor UVTron dan kipas ditunjukkan pada Gambar 8.

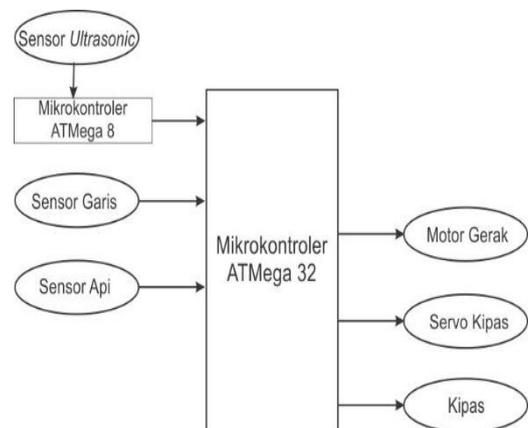
Sistem elektronika robot terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian *input*, prosesor, dan *output*. Bagian *input* terdiri dari sensor-sensor dan bagian *output* terdiri dari akuator atau penggerak. Prosesor

merupakan *microcontroller ATmega 32* yang bertugas untuk memproses *input* dan *output* pada robot. Sensor *ultrasonic* yang digunakan untuk mengukur jarak robot terhadap dinding berjumlah tiga, yaitu pada bagian depan satu, bagian kanan dan kiri robot masing-masing satu.



Gambar 8. Robot Tampak Depan dan Atas

Sensor *ultrasonic* perhitungannya diproses menggunakan *microcontroller* sendiri seperti pada Gambar 9. *Microcontroller* ini kemudian mengirimkan hasil perhitungannya kepada *microcontroller ATmega 32* atau master. Sensor garis (*photodiode*) dan sensor api (UVTron) diproses menggunakan *microcontroller ATmega 32*.

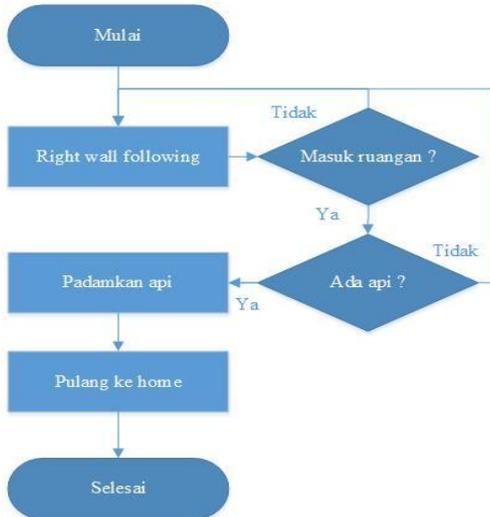


Gambar 9. Gambaran Sistem Elektronika Robot

B. Sistem Pergerakan Robot

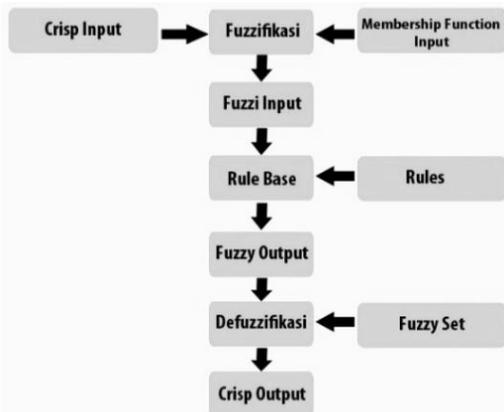
Dalam menyelesaikan misi memadamkan api, robot harus memiliki kemampuan untuk bergerak dan menghindari halangan. Algoritma yang digunakan pada pergerakan pencarian api menggunakan metode *right wall following* dan pada saat pulang ke *home* menggunakan metode *left wall following*. Dengan menggunakan metode *wall following* robot akan mengecek

keberadaan api setiap ruangan secara berurutan. Gambar 10 menunjukkan *flowchart* robot dalam melakukan pencarian api.



Gambar 10. Algoritma Pegerakan Robot

Kemampuan mengikuti dinding (*wall following*) merupakan dasar bagi robot dalam proses pencarian api. Algoritma *wall following* ini diterapkan menggunakan metode *fuzzy logic*. *Kontroller fuzzy* memproses sensor depan dan kanan sebagai *input*, dan motor kiri dan kanan sebagai *output*. *Kontroller fuzzy* digunakan pada proses pergerakan robot dalam menghindari dinding ataupun halangan. Blok diagram perancangan *kontroller fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 11.

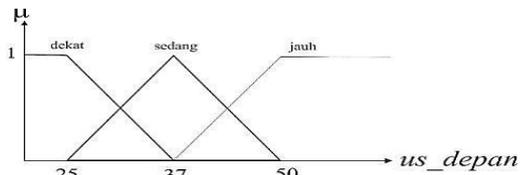


Gambar 11. Blok Diagram Kontroler Fuzzy

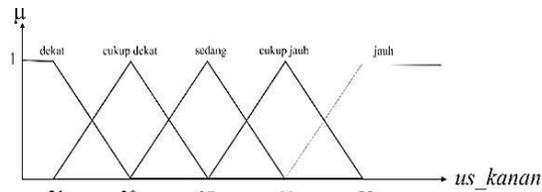
C. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah *crispinput* menjadi *fuzzyinput* berdasarkan *membershipfunction* yang sudah dibuat oleh pakar. *ATMega 32*

menerima data dari sensor *ultrasonic* depan dan kanan berupa bilangan *integer* antara 0-255 yang kemudian diubah menjadi *fuzzy input* berupa *membership function*. Proses fuzzifikasi sensor depan dan kanan ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



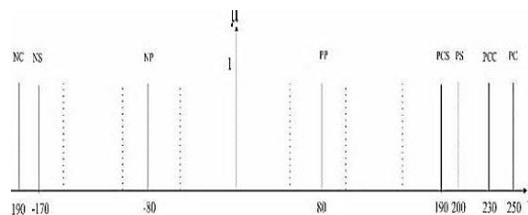
Gambar 12. Fuzzifikasi Sensor Ultrasonic Depan



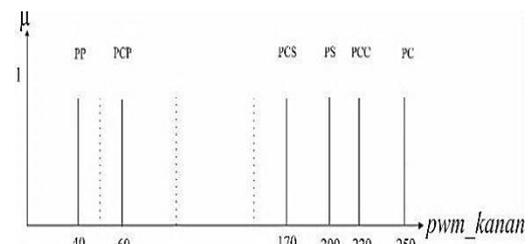
Gambar 13. Fuzzifikasi Sensor Ultrasonic Kanan

D. Basis Aturan (Rule Base)

Rule base merupakan aturan dalam menentukan aksi yang akan dilakukan ketika mendapatkan *input* dari *fuzzyinput*. Model yang digunakan adalah model *sugeno* yang memiliki fungsi *singleton*, yaitu fungsi yang bernilai satu pada salah satu nilai *crisp* dan bernilai 0 pada *crisp* yang lain. Fungsi *singleton* pada aturan *fuzzy* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Fungsi Singleton Motor Kiri



Gambar 15. Fungsi Singleton Motor Kanan

Tabel 1 merupakan aturan *fuzzy* yang mengatur tiap hubungan *antecedent* atau derajatnya. Selanjutnya dilakukan pencarian derajat kebenaran untuk setiap *rule* dengan menggunakan logika *AND* atau nilai minimum.

Tabel 1.Aturan *Fuzzy* Yang Digunakan Pada Robot

		Kanan									
		D	CD	S	CJ	J					
D e p a n		Ki	Ka	Ki	Ka	Ki	Ka	Ki	Ka	Ki	Ka
	D	NC	PCC	NS	PS	NS	PCS	NS	PCS	NS	PCS
	S	NP	PCC	NP	PCC	PP	PCC	PP	PCC	PP	PCC
	J	PP	PCC	PCC	PC	CC	PC	PCS	PCP	PS	PP

E. Defuzzifikasi

Untuk mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp output* diperlukan proses defuzzifikasi. Metode fuzzifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *centroid method*. Nilai yang dihasilkan dari proses defuzzifikasi merupakan nilai PWM yang akan menentukan kecepatan motor.

4. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian dan Analisis Kontroller Fuzzy

Pengujian kontroller *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan antara hasil program yang sudah di-*download* pada robot dengan hasil penghitungan melalui komputer. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *error* ditunjukkan pada persamaan 1.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kontroller *Fuzzy*

No	De	Ka	Kir	Kar	Kic	Kac	Eka(%)	Eki(%)
1	23	19	-190	220	-190	220	0	0
2	25	25	-181	212	-178	208	1.66	1.89
3	29	48	-70	190	-70	190	0	0
4	39	35	90	227	90	227	0	0
5	44	34	132	235	132	235	0	0
6	233	12	80	220	80	220	0	0
7	254	22	101	224	101	224	0	0
8	254	38	246	239	246	239	0	0
9	251	51	203	102	203	102	0	0
10	224	192	200	40	200	40	0	0

PWM_{robot} merupakan kecepatan motor dari perhitungan *fuzzy* pada robot, sedangkan $PWM_{komputer}$ merupakan kecepatan motor dari perhitungan *fuzzy* pada komputer. Hasil pengujian kontroller *fuzzy* ditunjukkan pada Tabel 2.

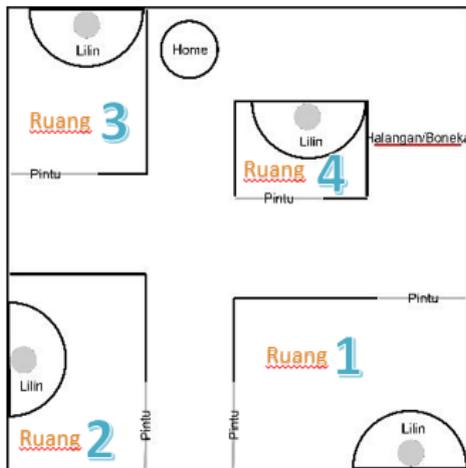
Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa dari 10 percobaan yang dilakukan, terdapat satu perbedaan perhitungan antara robot dengan komputer. Perbedaan perhitungan terjadi saat *input* sensor depan (De) 25 dan *input* sensor kanan (Ka) 25. Perhitungan yang dilakukan oleh robot dengan dua *input* tersebut menghasilkan kecepatan motor kiri (Kir) -181 dan motor kanan (Kar) 212. Sedangkan menurut perhitungan komputer, seharusnya kecepatan motor kiri (Kic) -178 dan motor kanan (Kac) 208. Dari perbedaan perhitungan tersebut didapatkan *error* motor kiri (Eki) 1.66% dan *error* motor kanan (Eka) (1.89).

Perbedaan perhitungan pada robot disebabkan karena gangguan pada saat pengambilan data sensor *ultrasonic*. Gangguan ini berupa ketidakstabilan posisi robot saat memancarkan dan menerima gelombang suara pada sensor *ultrasonic*. Perbedaan kecepatan motor tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap pergerakan robot secara umum, karena perbedaan kecepatan dari 60 percobaan yang dilakukan maksimal hanya 14 nilai pwm. Misalnya pada percobaan kedua seharusnya kecepatan robot -178 (kiri) dan 208 (kanan), sedangkan hasil kecepatan sebenarnya pada robot -181(kiri) dan 212(kanan). Ini tidak akan berpengaruh besar terhadap kinerja robot secara keseluruhan, karena menurut hasil kontroler *fuzzy* baik komputer maupun robot, keduanya akan memerintahkan robot untuk bergerak serong ke kiri.

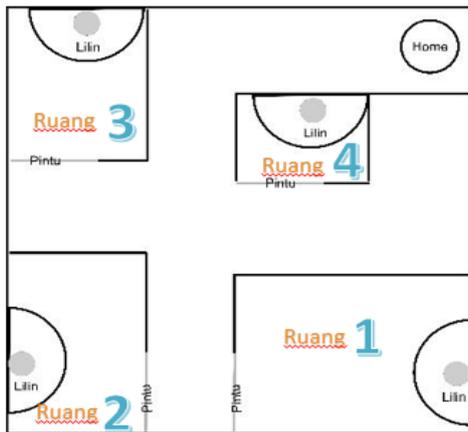
B. Pengujian Algoritma Keseluruhan Fungsi Robot

Pengujian algoritma keseluruhan fungsi robot menggunakan dua macam lapangan dengan model yang berbeda seperti ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17. Perbedaan lapangan model satu dengan model dua terletak pada posisi *home* dan perbedaan pintu pada ruang satu. Selain

itupanjang lorong pada lapangan dua lebih panjang dari pada lapangan satu.



Gambar 16. Skenario Lapangan Model 1



Gambar 17. Skenario Lapangan Model 2

Membership function setiap pengujian dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu dekat, sedang dan jauh. Membership function yang digunakan robot ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Membership Function yang digunakan pada pengujian

Sensor Depan				Sensor Kanan / Kiri			
VL	1	2	3	VL	1	2	3
D	23	25	28	D	19	21	26
S	32	37	39	CD	25	28	33
J	40	45	47	S	32	37	42
				CJ	50	55	60
				J	85	90	95

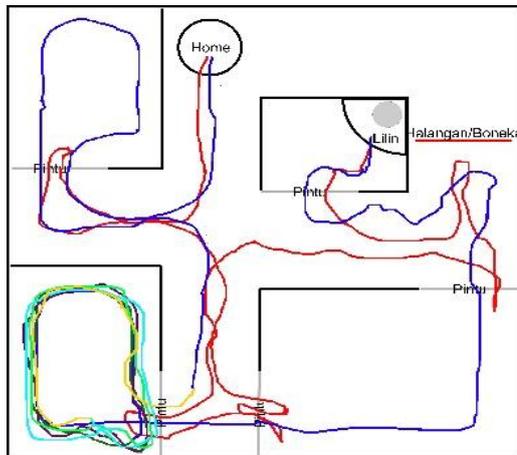
Pengujian dilakukan sebanyak 18 kali dengan dua model lapangan, tiga macam penempatan api yang berbeda dan tiga macam membership function yang berbeda. Pengujian dengan menggunakan tiga macam membership function yang berbeda berpengaruh terhadap pergerakan robot. Membership function model 1 akan membuat pergerakan robot lebih mendekati dinding, karena membership function yang digunakan lebih dekat terhadap dinding. Perbedaan model lapangan dan penempatan posisi lilin yang berbeda tidak mempengaruhi pergerakan robot secara umum, hasil pengujian terhadap robot ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Robot Secara Keseluruhan

No	L	MF	R	M	WM	H	WH
1	1	MF 1	2	√	22	√	27
2			3	√	11	√	12
3			4	√	49	√	42
4		MF 2	1	√	34	√	31
5			2	√	23	√	26
6			3	√	8	√	13
7		MF 3	2	√	24	√	29
8			3	√	11	√	16
9			4	√	47	√	77
10	2	MF 1	1	√	28	√	37
11			2	√	25	-	-
12			3	√	14	√	18
13		MF 2	1	√	26	√	36
14			2	√	25	√	30
15			3	√	12	√	18
16		MF 3	1	√	26	√	37
17			2	√	25	√	28
18			3	√	11	√	17

Perbedaan respon pergerakan robot terjadi pada saat model lapangan 1, membership function 3, dan api berada di ruang 4 seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Pada percobaan di lapangan yang sama, yaitu pada MF model 1 hanya membutuhkan waktu 42 detik untuk pulang ke titik home, sedangkan pada MF model 3 membutuhkan waktu 77 detik. Perbedaan ini disebabkan karena pada MF model 3 robot berada di ruang 2 tidak dapat keluar, robot bisa keluar ketika sudah berputar sebanyak 5 kali di ruang 2.

Penggunaan *membership function* model 3 yang terlalu jauh ini menyebabkan program memasukkannya sebagai anggota dari fungsi trapesium pada fuzzifikasi sensor depan. Pada penggunaan MF 3, apabila sensor depan membaca jarak kurang atau sama dengan 47, maka program akan memasukkannya pada fuzzifikasi sensor depan. Sedangkan apabila lebih dari 47, maka nilai anggota trapesium akan bernilai 1. Ukuran pintu ruangan yang hanya sekitar 46 cm, mengakibatkan pembacaan sensor lebih cepat, atau terbaca dari jarak yang kurang dari 46 cm saat di pintu ruangan. Pada percobaan tersebut sensor depan membaca jarak robot terhadap dinding antara 41-43, sedangkan sensor kiri membaca jarak terhadap antara 160-169. Sehingga kecepatan yang dihasilkan dari perhitungan kontroller *fuzzy* pada motor kiri 173 dan motor kanan 115, jadi robot akan cenderung berbelok ke kanan atau kembali masuk di ruang 2. Gambar 16 menunjukkan trayektori robot ketika *error* di ruang 2.



Gambar 18. Trayektori Robot Ketika *Error* di Ruang 2

Error pada ruang 2 terjadi sebanyak lima kali seperti Gambar 16 ditunjukkan warna biru, ungu, hijau tua, biru muda, hijau. Warna kuning menunjukkan pergerakan robot yang bisa keluar dari ruang 2. Pergerakan robot akan lebih cenderung ke arah kiri apabila MF diatur dengan model 2 atau sedang. Hal ini karena pembacaan sensor *ultrasonic* depan 41-43 dihitung menjadi *fuzzy input* 1 pada derajat keanggotaan trapesium, dan sensor *ultrasonic* kanan 160-169 juga akan dihitung menjadi *fuzzy input* 1 pada derajat keanggotaan trapesium. Sehingga kecepatan

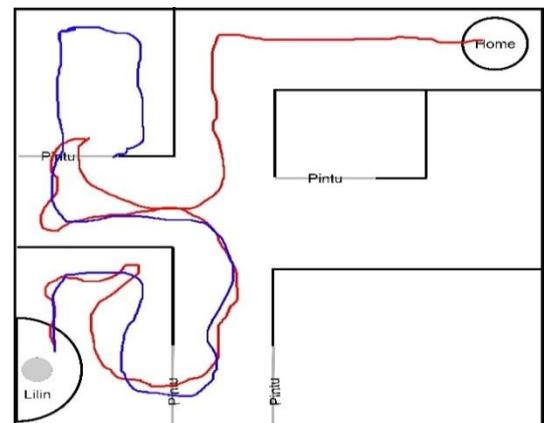
motor kiri 35 dan motor kanan 220, jadi robot akan berbelok ke kiri atau keluar dari ruang 2.

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa robot satu kali tidak bisa pulang ke *home*, yaitu pada lapangan model 2, MF 1 (dekat) dan posisi lilin di ruang 2. Robot tidak mampu mencapai titik *home* karena tersangkut di ruang 3, seperti ditunjukkan Gambar 17.



Gambar 19. Robot Tersangkut di Ruang 3

Robot tidak bisa keluar dari ruang 3 karena tersangkut dinding saat berbelok keluar dari ruangan. Robot tersangkut karena pengaturan jarak robot terhadap dinding terlalu dekat. *Membership function* model 1 yang agak dekat dinding akan menyebabkan robot selalu mendekati dinding. Hal ini apabila terjadi *error* ataupun kesalahan membaca sensor, robot akan tersangkut atau menabraknya. Trayektori pergerakan robot ketika tersangkut di dinding ruang 2 ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 20. Trayektori Robot Ketika Tersangkut di Ruang 3

Percobaan yang dilakukan sebanyak 18 kali dengan dua model lapangan, tiga model *membership function* dan penempatan posisi lilin yang berbeda menghasilkan prosentase memadamkan lillin sebesar 100%, dan prosentase pulang ke *home* sebesar 94,4%.

5. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Kontrol *fuzzylogic* pada robot pemadam api beroda dapat direalisasikan dengan menggunakan 3 sensor ultrasonic. Hal ini akan mempermudah kontroller *fuzzy*, karena hanya menggunakan 2 *inputfuzzy* pada saat pencarian api. Pada penelitian ini hasil perhitungan kontroller *fuzzy* pada robot tidak akan sama persis dengan perhitungan simulasi kontroller *fuzzy* pada komputer. Ini disebabkan karena pengambilan data sensor *ultrasonic* yang kurang stabil pada saat robot bergerak. Pada 60 percobaan kontroller *fuzzy*, didapatkan prosentase *error* sebesar 0.1% pada kecepatan motor kiri, dan 0.28% pada kecepatan motor kanan. Pada tiga model *membership function* yang sudah di uji coba, dapat disimpulkan bahwa *membership function* model 1 yang dekat dengan dinding akan membuat pergerakan robot lebih dekat ke dinding, dan *membership funtion* model 3 yang jauh dengan dinding akan membuat pergerakan robot menjauhi dinding. Jadi pergerakan robot akan lebih stabil pada model *membership function* 2 (MF 2) yang tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat dengan dinding. Sedangkan perbedaan model lapangan dan penempatan api yang berbeda tidak akan mempengaruhi pergerakan robot selama proses pencarian api. Penggunaan algoritma penelusuran dinding kanan menggunakan metode *fuzzy logic* pada robot berhasil memadamkan api dengan prosentase 100% dan mampu pulang kembali ke titik *home* dengan prosentase 94,4% dari 18 percobaan yang dilakukan.

B. Saran

Penggunaan *microcontroller* yang lebih cepat perhitungannya seperti ARM 32 bit akan mempercepat respon robot, mengingat jumlah kondisi pada *fuzzy logic* cukup banyak. Kemampuan untuk mencatat data

trayektori robot perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya. Hal ini untuk mempermudah peneliti dalam melakukan *troubleshooting* ketika pembacaan sensor *error*. Untuk pengembangan selanjutnya, diharapkan dapat diterapkan kontrol cerdas lainnya pada robot pemadam api misalnya jaringan syaraf tiruan, algoritma genetika, *neuro fuzzy*, dan kontrol cerdas lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iqbal, R. M., Dikairono R., dan Sardjono T. A. [2012], *Implementasi Sistem Navigasi Behavior-Based Robotic dan Kontroler Fuzzy pada Manuver Robot Cerdas Pemadam Api*. POMITS. 1:1-8.
- [2] Sasmita, P. E. [2011], *Kontrol Penjejak Pada Robot Pemadam Api Menggunakan Sistem Pengindra Api Dan Posisi Jarak Dengan Metode Fuzzy Logic*. Tugas Akhir. Surabaya : ITS Surabaya.
- [3] Ardilla, F., Pramadihanto D., Prabowo D., Purnomo D.S. [2005], *Model pembobotan Ultrasonic Rangefinder sebagai input kontrol fuzzy untuk obstacle avoidance pada Robot Cerdas Pemadam Api*. IES.
- [4] Harijadi, I.N. *Pembuatan Sistem Pengemudian Otomatis Pada Kendaraan Beroda Dengan Model Pembelajaran Offline*. Tugas Akhir. Surabaya : PENS ITS Surabaya.
- [5] [2005], *Atmel 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash ATmega32*.
- [6] [2004] *Atmel 8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8*.
- [7] [2003], *Parallax Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder*.
- [8] 1998. *Hamamatsu Flame Sensor UV TRON R2868*.

- [9] [2014],*Panduan Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI)D*

