

Implementasi Fuzzy Logic dalam Pembuatan Kontrol Navigasi Mobile Robot

Dairoh¹⁾, Mohammad Khambali²⁾, Trima Mustofa³⁾

¹⁾Politeknik Harapan Bersama, DIV Teknik Informatika, Indonesia

²⁾Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

³⁾Kementerian Sosial, Pusat Data dan Informasi Kesejahteraan Sosial, Indonesia

Email: zaroh31@yahoo.co.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v15i2.4717>

Submitted: 20 Maret 2018; Accepted: 18 September 2018

ABSTRACT- The artificial intelligence is define as intelligence by an artificial entity. The intelligence was created and the put into a machine, that can do the job as do human. One area in artificial intelligence is fuzzy logic, expert system, artificial neural network systems, computer games and in robotics. The purpose if the research is to apply fuzzy logic theory in making control robots and making teaching materials for physics or computer logic courses and the system is tested in informatics engineering courses, especially on the microcontroller concept. In addition, it can be applied to other allied subjects. The research is to apply fuzzy logic to the wheeled robot control movement where the control is controlled via a smartphone which is then processed by the Arduino microcontroller that has been planted by the application by applying the rule of the fuzzy logic method. Then by the microcontroller is used as a command to drive the DC motor as a navigation system which is certainly in accordance with the rules made. A step from a control system produces a signal that is the magnitude of the direction angle (θ) that is able to run and direct the robot into the target from the robot's starting point. Results showed that the implementation the fuzzy logic system can be applied to the navigation system on the control robot and the results of the robot movement test data obtained from the position (point) coordinates that have been determined by the coordinate position of the control robot obtained 96%

KEYWORDS: *Arduino, fuzzy logic, microcontrollers, robotics*

PENDAHULUAN

Logika *Fuzzy* adalah suatu cabang ilmu dari ilmu *Artificial Intelligence*. AI atau artificial intelligence merupakan sebuah pengetahuan dalam komputer yang membuat sistem kecerdasan buatan yang dapat meniru dari kecerdasan manusia dan menjalankan perintah dari manusia. Logika *Fuzzy* memiliki fungsi meniru kecerdasan manusia untuk dapat menjalankan dan menerapkan sebuah perintah yang dimasukkan kedalam sebuah perangkat seperti robot dan perangkat lain. Penerapan logika *fuzzy* dikenalkan oleh professor dari univerrisitas California yakni Prof. Lotfi Zadeh (Klir, George, & Bo, 1995). Bahwa logika *fuzzy*

diimplementasikan bukan sebagai sebuah metode kontrol, melainkan merupakan cara untuk memproseskan sebuah data part, tetapi sebagai suatu cara pemrosesan data dengan memperkenalkan menggunakan keanggotan parsial baik untuk parsial lunak maupun bukan keanggotan parsial. (Wang, 1994). Kondisi tersebut tidak dapat di terapkan pada tahun 70an, hal ini di karenakan pada tahun tersebut alat komputer belum cukup memadai.

Fuzzy logic merupakan sebuah metode dalam system control untuk memecahkan masalah yang diterapkan kedalam system yang sederhana, sistem yang kecil, serta sebuah system embedded, kemudian pada

jaringan PC dan penerapan pada channel multi maupun pada work station yang berbasis pada data akuisisi dan pada sistem control. (Sutoyo, Mulyanto, & Suhartono, 2011).

Menurut Profesor Zadeh bahwa tidak dibutuhkan kepastian berupa numeric dan belum dapat diterapkan dalam kontrol adatif tinggi. Logika *fuzzy* juga merupakan tingkatan dari *Booleam logic* yang diperkenalkan sebagai sebuah konsep kebenaran. Kemudian logika klasik dinyatakan dan dapat digambarkan ekspresinya dalam bentuk bilangan berupa bilangan *binary* yaitu 0 dan 1, putih atau hitam dan tidak atau ya. Fuzzy Logic sebuah pengganti dari kebenaran Boolean (Zadeh, 1973).

Adapun beberapa alasan digunakan fuzzy logic antara lain: (a) fuzzy logic sangat mudah dipahami dan dimengerti hal ini dikarenakan karena sifat dasar matematikanya sangat sederhana, (b) fuzzy logic memiliki sifat fleksibilitas (c) memiliki toleransi, yakni untuk data yang tidak tepat (d) dapat menampilkan serta memodelkan sebuah fungsi yang non linier secara kompleks (e) dapat bekerjasama dengan teknik kendali secara konvensional (f) kemudian menggunakan bahasa alami (g) fuzzy logic mampu dibangun dan diterapkan secara langsung pada saat pelatihan atau prakteknya. (Kusumadewi, 2003)

Menurut kamus bahasa Indonesia bahwa robot berasal dari kata *robot* yang berarti pekerja. Sehingga robot adalah sebuah alat mekanik yang mampu membantu pekerjaan manusia secara terus menerus dan dapat dikontrol secara langsung oleh manusia ataupun dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan program yang telah di buat pada chip yang dipasang pada robot. (Sanjaya, 2016)

Salah satu implementasi fuzzy logic adalah penelitian dari Widodo, (2009) yakni pada penerapan multi mikrokontroler pada sebuah robot mobil. Hasilnya diperoleh model robot mobil untuk menyusuri dan

mengelilingi dinding. Dari penelitian tersebut bahwa logika *fuzzy* tersebut dibangun sebagai sistem kendali dengan menggunakan pendekatan berbasis perilaku yang berdasarkan pada informasi dari sebuah sensor ultrasonik sebanyak 7 sensor dan *tactile switch* sebanyak 3.

Rendyansyah, Exaudi, & Prasetya (2016) dalam penelitiannya mengimpelmentasikan logika *fuzzy* untuk sistem kendali pada robot mobil otonom dengan menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan. Hasilnya bahwa sistem kendali navigasi robot mobil yang dirancang dapat dikendalikan dengan menggunakan *fuzzy logic* berbasis pengendali PIC, yakni mikro PIC 16C57 dan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Dalam Penelitian tersebut bahwa perancangan robot mobil tersebut dibutuhkan perumusan aturan secara kolektif untuk mendapatkna tingkatan kecerdasan.

Menurut Filho & Kienitz (2003) konsep *fuzzy logic* dalam pendekatan bahasa komputer dengan bahasa manusia yang bermula dari manusia yang memiliki kemampuan dan keinginan untuk mengevaluasi sebuah objek secara umum yang didefinisikan sebagai anggota *fuzzy*.

Menurut Adriansyah (2010) bahwa gerakan robot kendali yang bergerak dengan basis perilaku menggunakan partikel kontrol *fuzzy particle swarm*. Dari robot tersebut dibutuhkan sebuah pengendali yang ideal. Pengendali tersebut dimaksudkan dapat menghasilkan aksi perilaku sempurna yang dimaksudkan untuk menangani peristiwa-peristiwa yang tampak dari sebuah permasalahan yang ada pada robot yang bergerak. Adapun teknik kendali yang diberikan untuk menuntaskan persoalan tersebut antara lain dengan menggunakan pengendali yang berbasis pada *fuzzy logic* atau yang lebih dikenal dengan robot kendali berbasis pada perilaku dengan menggunakan *fuzzy logic (based robot-fuzzy behaviour)*.

Penelitian terkait tentang penggunaan *fuzzy logic* pada robot telah dilakukan oleh

Wajiansyah, Supriadi, & Nur (2018) yakni implementasi dari *fuzzy logic* pada robot *line follower*. Pada penelitian tersebut logika *fuzzy* digunakan sebagai sebuah sistem kendali cerdas di sebuah robot *line follower*. Dalam penelitian tersebut aturan *fuzzy logic* yang digunakan adalah metode mamdani. Kemudian input yang digunakan pada robot tersebut adalah 2 nilai dari hasil pembacaan sensor yang berbentuk *binner 6 bit*, kemudian hasil dari pembacaan sensor diberi bobot nilai *range 0 s.d 255*. Adapun hasil penelitiannya menunjukkan bahwa robot tersebut dapat bergerak yang mengikuti garis yang sesuai dengan *rule base* yang telah ditentukan.

Mikrokontroler pada robot yang digunakan adalah Arduino. Dimana Arduino adalah *platform* dari pembuatan sebuah *prototype* elektronik dengan sifat *open source hardware* pada perangkat keras serta perangkat lunak yang bersifat fleksibel dan mudah digunakan. Arduino tersebut digunakan oleh para desainer, seniman dan siapapun yang tertarik dalam penciptaan sebuah objek maupun lingkungan interaktif (Kadir, 2014). Kemudian didalam arduino untuk dapat menuliskan sebuah kode program digunakan bahasa pemrograman bahasa misalkan bahasa C.

Logika *fuzzy* termasuk dalam materi yang dipelajari di mata kuliah konsep logika informatika di program studi DIV Teknik Informatika Politeknik Harapan Bersama, kaitannya dengan penelitian yang telah dilaksanakan diharapkan peneliti dapat mengimplementasikan logika *fuzzy* ini tidak hanya dengan teori saja artinya teori yang diajarkan dan dapat dibuktikan dengan menghasilkan suatu produk sekaligus dapat menjadi bahan ajar ke mahasiswa dan bentuk praktek. Lebih dari itu, diharapkan dengan penelitian ini akan memicu dosen ataupun mahasiswa dalam berinovasi pembuatan robot kontrol. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teori *fuzzy logic* dalam pembuatan robot kontrol dan membuat bahan ajar sebagai alat peraga dari implementasi untuk mata kuliah logika informatika ataupun

mata kuliah lain yang serumpun dari hasil penelitian yang dilakukan.

METODE PENELITIAN

Hardware

Perangkat hardware yang digunakan adalah Arduino type uno, PCB, Akrilik, *Protoboard*, Modul Bluetooth, Motor DC, Motor Driver, Baterai, dan komponen elektronik pendukung lainnya.

Software

Adapun *software* yang dibutuhkan penelitian ini adalah *App Inventor* yang digunakan sebagai kontrol robot dan Arduino IDE digunakan untuk menuliskan serta mengkompilasi program pada mikrokontroler arduino dan bahasa pemrograman *matlab*.

Prosedur Penelitian

Tahapan proses penelitian ini antara lain:

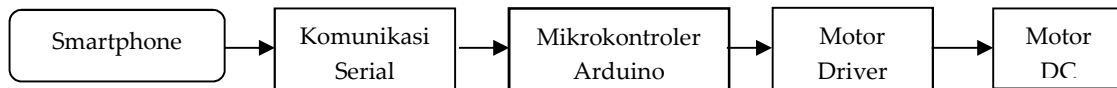
1. Perancangan Sistem
Pada Tahap ini di rancang sistem kendali berupa alat mesin *controlled-system*.
2. Penentuan I/O
Selanjutnya dirancang dan ditentukan masukan piranti dan di hubungkan dengan eksternal luaran dalam pembuatan robot dengan memilih motor driver, mikrokontroler, sensor dan perangkat yang dibutuhkan lainnya
3. Rancang Program (*Design Program*)
Selanjutnya ditentukan masukan dan luaran, kemudian dirancang sistem program kedalam *ladder* yang berdasarkan pada aturan digunakan dan sesuai dengan urutan sistem operasi yang telah di buat.
4. Pembuatan Program
Pemograman di buat dengan sistem navigasi yang dirancang dengan menggunakan bahasa pemograman *matlab*.
5. Menjalankan Sistem (*Run The System*)
Tahap selanjutnya pendeteksian pada kesalahan yang ada. Pendeteksian ini dilakukan dengan melakukan satu-satu run (*debug*), selanjutnya dilakukan pengujian dengan mengamati secara tepat

dan cermat hingga dapat dipastikan bahwa sistem yang dibuat dan diujikan ini berhasil dan aman untuk dapat dijalankan.

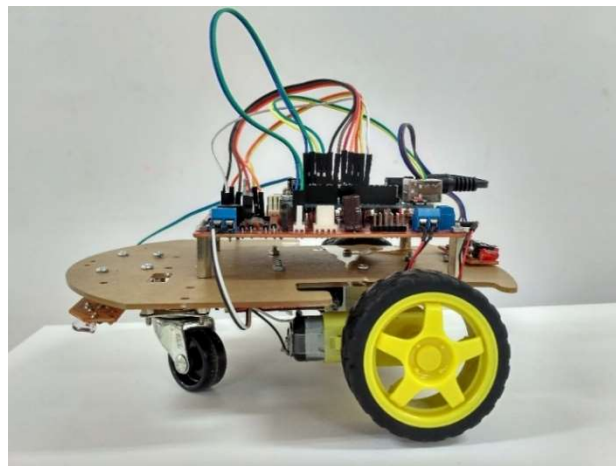
Perancangan Robot

Penelitian ini menghasilkan produk

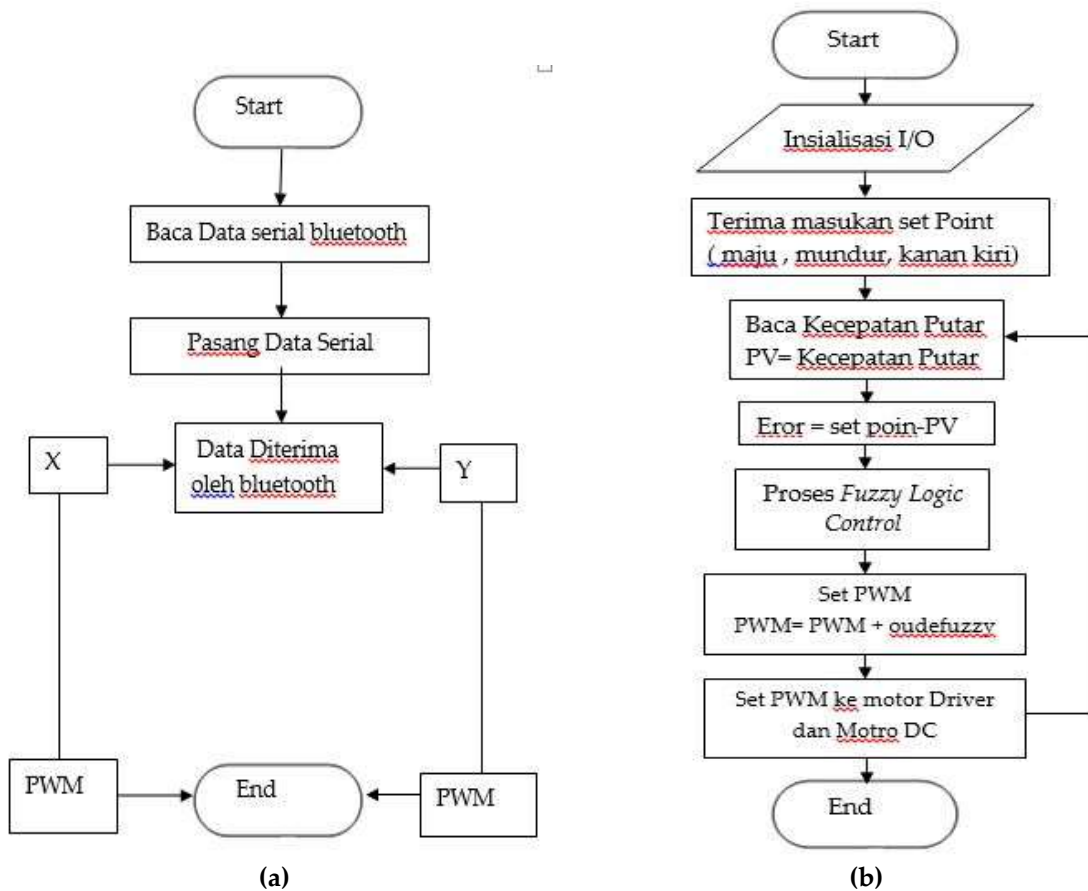
berupa *prototype* sebuah robot mobil beroda, dimana pada pengontrolan navigasinya dijalankan melalui Android. Adapun gambaran dalam pembuatan Produk penelitian yang dibuat tersaji seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Robot Kontrol



Gambar 2 Robot Kontrol



Gambar 3 Flowchart (a) Pengendalian Motor pada Robot, dan (b) Proses pengujian robot

Gambar 1 menggambarkan bahwa robot dikontrol melalui *smartphone* yang kemudian diproses oleh *mikrokontroler* Arduino yang telah ditanam program yang dibuat menggunakan logika *fuzzy*. Kemudian oleh mikrokontroler digunakan sebagai perintah untuk menggerakkan motor DC sebagai sistem navigasi yang tentunya sesuai dengan aturan-aturan yang dibuat. Adapun hasil rancangan lengkap dari robot kontrol seperti pada Gambar 2.

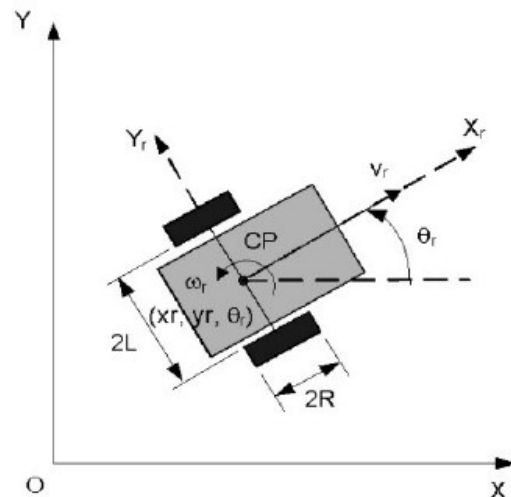
Langkah yang dilakukan oleh sistem kendali yang dibuat menunjukkan sinyal yang berupa besarnya sudut pengarah (θ) dan robot mengarah menuju target pada suatu titik diposisi awal. Pengendalian berhasil apabila pengendalian mampu mencapai tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuan pengendalian adalah melakukan koreksi arah robot dan mengatur kecepatan roda kiri dan roda kanan sedemikian sehingga kesalahan sikap tubuh dapat dihilangkan. Jika kesalahannya besar maka sinyal sudut pengarah juga harus besar dan jika kesalahannya kecil maka sinyal sudut pengarah juga kecil. Adapun untuk *flowchart* pembuatan robot kontrol navigasi tersebut seperti pada Gambar 3 (a) dan (b).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penggunaan dalam istilah robot dimisalkan sebagai geometri dan mengspesifikasikan robot tersebut seperti poros gerakan dan derajat kebebasan. Sebuah benda mengalami pergerakan itu artinya benda tersebut menempuh sebuah jarak dari satu titik menuju ke titik lain yang terletak pada satu bidang. Dimana gerakan tersebut memiliki sebuah garis sumbu (titik tetap yang tidak berubah) disebut poros. Sehingga gerakan poros adalah sebuah titik (pusat) terjadinya gerakan. Kemudian titik derajat kebebasan merupakan jumlah dari arah pergerakan bebas dari sebuah robot yang ditentukan oleh arah gerakannya. Dimana parameter yang digunakan adalah variabel masukan robot adalah titik koordinat posisi

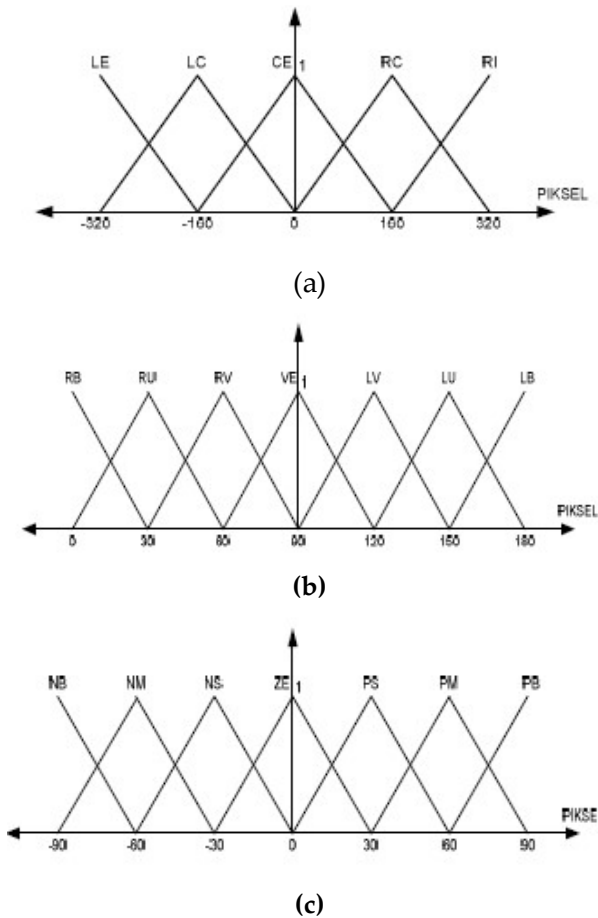
(x,y) sebagai titik pusat robot dan sudut arah robot (Φ) yakni sebagai posisi sudut antara pada sumbu x dengan poros dari robot. Sedangkan untuk Variabel luarnya yaitu sinyal yang menunjukkan sebagai sudut arah (θ) yang merupakan arah sudut antara arah roda dengan poros. Untuk lengkapnya posisi dan sumbu robot digambarkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Posisi dan Sumbu Robot (Rendyansyah, Exaudi, & Prasetya 2016)

Pengujian

Sebelum dilakukan terhadap robot kontrol navigasi yang dibuat menggunakan logika fuzzy, terlebih dahulu dibuat aturannya. Langkah pertama dalam pembuatan aturan fuzzy adalah menentukan variable atau keanggotaan terlebih dahulu. Didalam prinsip sistem *fuzzy logic*, bahwa sebagai *crisp* untuk masukan merupakan nilai jarak antara tujuan dengan robot mobilnya dan sudut orientasi robot terhadap target. Kemudian untuk *crisp* luaran dari sistem logika *fuzzy* merupakan arah antara posisi sudut pengemudi robot kontrol navigasi. Selanjutnya ditentukan posisi robot kontrol navigasi yang dimisalkan dengan variable (X) dari tujuan yang dicapai yang dibagi menjadi lima bagian sub himpunan *fuzzy* yakni CE merupakan *Center*, LC sebagai *left Center*, LE merupakan *Left*, RI adalah *right* dan RC adalah *Right Center*. Gambaran dari posisi sudut kemudi dari robot kontrol navigasi digambarkan pada gambar 5 dibawah ini



Gambar 5 Fungsi keanggotaan fuzzy : (a) posisi (X), (b) sudut (Φ), dan (c) sudut (θ)

Gambar 6 (a) merupakan fungsi keanggotaan dari fuzzy pada penentuan dari posisi robot kontrol navigasi dengan tujuan yang akan di capai. Kemudian ditentukan sudut orientasi relatif antara tujuan (Φ) yang dibagi menjadi tujuh dengan sub himpunan fuzzy yakni LU (left upper), RV (right vertical), LB (left below), RU (right upper), arah LV (left vertical), RB (right below), dan VE (vertical). Adapun penentuan sudut orientasi relatif tersaji pada gambar 6 (b). Pada gambar 6 (b) adalah fungsi keanggotaan logic fuzzy untuk menentukan sudut antara sumbu poros sumbu x dengan sumbu poros robot. Selanjutnya untuk luaran variable sinyal dari sudut pengarah (θ) yakni sudut antara arah roda dengan poros. Kemudian Variabel dari luaran tersebut di bagi menjadi tujuh sub-himpunan keanggotaan fuzzy yaitu variable NM (negative medium), NB (negative big), ZE (zero), PB (positive big), PM (positive medium),

NS (negative small) dan PS (positive small). Adapun hasil variable luarannya tersaji seperti pada gambar 6 (c). Pada Gambar 6 (c) merupakan keanggotaan fuzzy tersebut dalam penentuan sudutnya dari arah roda dengan poros.

Dari hasil variable keanggotaan fuzzy diatas didapatkan 35 aturan yang hasilnya tersaji pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Variable Keanggotaan Fuzzy

		Sumbu X				
		LC	CE	LE	RI	RC
Sumbu Poros Robot	RV	NS	PS	NM	PB	PM
	RB	PS	PS	PS	PS	PS
	RU	PS	PM	NS	PB	PB
	LB	NB	NM	NB	NS	NM
	LU	NB	NM	NB	PS	NS
	LV	NM	NS	NB	PM	PS

Pembahasan

Seperti yang telah dijelaskan dilatarbelakang bahwa penelitian penggunaan fuzzy logic pada robot telah banyak dilakukan salah satunya oleh Wajiansyah, Supriadi, & Nur (2018). Yang hasilnya bahwa logika fuzzy yang digunakan dapat mengendalikan sistem kendali cerdas pada robot line follower. Pada penelitian tersebut bahw aturan logika fuzzy yang digunakan menggunakan metode mamdani. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa input yang digunakan dalam robot tersebut berupa dua nilai hasil pembacaan dari sensor yang digunakan yang berbentuk berupa binner 6 bit. Selanjutnya hasil dari pembacaan sensor tersebut diberi bobot nilai range dari 0-255. Dimana disetiap fuzzy set inputannya digunakan 5 member Shif function Yang mana disetiap fuzzy set input menggunakan 5 member shif function dan rule base sebanyak 25. Sehingga dari penelitian tersebut diperoleh

hasil luaran dari *fuzzy logic*-nya berupa bilangan crips tunggal yang didapatkan dengan menggunakan metode COG yakni metode *center of gravity* dan selanjutnya nilai tersebut digunakan sebagai nilai deviasi yang digunakan untuk mengatur nilai PWM di motor penggerak di roda kiri maupun roda penggerak kanan pada robot *line follower*. Pada penelitian Wajiansyah, Supriadi, & Nur (2018) objek yang digunakannya berupa robot *line follower*, sedangkan pada penelitian ini digunakan objeknya adalah *mobile robot*. *Mobile robot* tersebut merupakan sebuah robot yang digerakan sesuai dengan perintah yang telah dikendalikan *user* dengan masukan yang digunakan berupa *smartphone* yang telah dihubungkan dalam komunikasi serial.

Dari hasil penelitian Wajiansyah, Supriadi, & Nur (2018) tersebut dilakukan penelitian untuk objek yang berbeda. Maka Dalam penelitian ditentukan posisi robot pada lintasan dengan $x = [x,y]^T$ dengan eror posisi robot terhadap posisi yang ditentukan $e = X_T - X$. Kemudian didapat real eror sebesar $e = (\text{posisi akhir robot} - \text{posisi awal robot}) / \text{posisi robot yang ditentukan} - \text{posisi awal robot}$.

Hasil penelitian yang telah dilakukan dan telah dilakukan pengujian gerak robot diperoleh beberapa data titik koordinat yang telah dituju serta titik koordinat robot control seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian gerakan robot Posisi Akhir Robot dengan Posisi yang ditentukan

No	Posisi Yang ditentukan		Posisi Akhir Robot	
	X	Y	X	Y
1	238	178	226	168
2	240	179	228	173
3	245	183	237	177
4	250	185	242	179
5	252	187	237	181
6	254	188	243	180
7	255	190	240	184

Dari Tabel 2 diperoleh hasil pengujian pertama posisi awal robot adalah $(x,y) = (0,0)$. Untuk menentukan keakuratan kemudian

ditentukan posisi robot yang akan dituju. Sehingga diperoleh eror posisinya dari hasil posisi akhir robot sebagai berikut:

Posisi awal robot $(x,y) = (0,0)$

Posisi yang ditentukan $(x,y) = (238, 178)$

Posisi akhir robot $(x,y) = (230,172)$

Eror posisi $x = 230-0/238-0 = 0.96$

Eror posisi $y = 172-0/178-0 = 0.96$

Dari hasil pengujian Tabel 2 dapat dilihat tingkat keakuratannya sebesar 96% dan nilai erornya 4 %. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa robot dapat bergerak dan mengikti garis yang sesuai dengan *rule base* yang sudah ditentukan. Dari hasil penelitian sebelumnya objek yang digunakan berupa robot *line follower*, sedangkan dalam penelitian ini digunakan *mobile robot*. *Mobile robot* tersebut mampu bergerak sesuai dengan perintah yang telah dikendalikan sebuah *user* dengan masukan (*input*-nya) sistem kontrolnya menggunakan *smartphone* yang telah dihubungkan dengan komunikasi serial pada kode pemograman. Sehingga hasil penelitian ini bahwa penerapan *fuzzy logic* dapat diimplementasikan untuk robot kontrol navigasi.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dan pengujian pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa sistem logika *fuzzy* yang digunakan dalam sistem kontrol navigasi dapat menjalankan dan mampu diterapkan dalam sebuah sistem navigasi. Selain itu, sistem logika *fuzzy* sebagai robot kontrol dapat meningkatkan kualitas pergerakan pada robot control dalam menuju sasaran suatu target dengan keakuratan yang didapatkan sebesar 96%. Sedangkan saran untuk pengembangan pada penelitian ini adalah penelitian dapat dikembangkan lagi tidak hanya di gerakan navigasi robot itu sendiri tetapi pada pengaturan kecepatannya dan mampu ditambahkan kamera pada robot untuk mendeteksi benda yang ada disekelilingnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada institusi Politeknik Harapan Bersama yang telah memberikan Dana penelitian kepada peneliti sehingga penelitian ini dapat selesai dan bermanfaat nantinya bagi institusi dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, A. (2010). Perancangan Pengendali Robot Bergerak Berbasis Perilaku Menggunakan Particle Swarm Fuzzy Controller. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informasi*, 3(1), 1–9.
- Filho, E. A, & Kienitz, K. H. (2003, May). Adaptive reference-driven decision-making process. In *The 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2003. FUZZ'03*. (Vol. 1, pp. 452-457). IEEE.
- Kadir, A. (2014). *Pintar Pemrograman Arduino*. Yogyakarta: Mediacom Ofset.
- Klir, K., George, J., & Bo, Y. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logics : Theory and Applications*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasi)*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rendyansyah, R., Exaudi, K., & Prasetya, A. P. P. (2016). Navigasi Berbasis Behavior dan Fuzzy Logic pada Simulasi Robot Bergerak Otonom. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(1).135-144.
- Sanjaya, M. (2016). *Panduan Membuat Robot Cerdas Menggunakan Arduino dan MATLAB*. Yogyakarta : Andi Ofset.
- Sutoyo, T., Mulyanto, E., & Suhartono, V. (2011). *Kecerdasaan Buatan*. Yogyakarta: Andi.
- Wajiansyah, A., Supriadi, S., & Nur, S. (2018). Implementasi Fuzzy Logic Pada Robot Line Follower. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(4), 395-402.
- Wang, L. X. (1994). *adaptive Fuzzy System and Control*. Prentice Hall Inc.
- Widodo, N. S. (2009). Penerapan Multi-Mikrokontroler Pada Model Robot Mobil Berbasis Logika Fuzi. *TELKOMNIKA*, 7(3), 213.
- Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, (1), 28-44.