

Desain Navigasi Robot Beroda Menggunakan *Fuzzy Logic Controller (FLC)*

Dedi Triyanto, Irma Nirmala, Suhardi

Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA
Universitas Tanjungpura
email : dedi.triyanto@siskom.untan.ac.id
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak 78124,
Kalimantan Barat, Indonesia

Abstrak

Pada penelitian ini bertujuan mendesain navigasi gerak pada robot beroda menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller (FLC)*. Robot beroda tersebut memiliki masukan berupa 3 buah sensor ultrasonik dan keluaran berupa 2 buah motor DC. Masukan dan keluaran tersebut digunakan sebagai variabel-variabel FLC. Variabel masukannya adalah sensor F (depan), sensor R (kanan) dan sensor L (kiri) yang masing-masing memiliki 3 himpunan Membership Function (MF) yaitu sangat dekat, dekat dan jauh. Variabel keluarannya adalah motor R (kanan) dan motor L (kiri) yang masing-masing memiliki 4 himpunan MF yaitu berhenti, pelan, sedang dan cepat. Jumlah *if then rule* dalam *Fuzzy Inference System (FIS)* yang digunakan adalah 27 buah rule. Pengujian dilakukan sebanyak 4 studi kasus pergerakan robot beroda yaitu bergerak lurus, belok kanan, belok kiri dan berhenti. Pengujian tersebut berhasil membuktikan bahwa FLC dapat mengendalikan gerak robot beroda.

Kata kunci: Navigasi, Robot beroda, *Fuzzy Logic Controller*

1 PENDAHULUAN

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Inteligent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Konsep logika *fuzzy* ini diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada tahun 1962. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika *fuzzy* menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis. Algoritma ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya dan dapat digunakan diberbagai bidang, seperti pada sistem diagnosis penyakit (dalam bidang kedokteran), pemodelan sistem pemasaran, riset operasi (dalam bidang ekonomi), kendali kualitas air, prediksi adanya gempa bumi, klasifikasi dan pencocokan (dalam bidang teknik) (Kusumadewi, 2002).

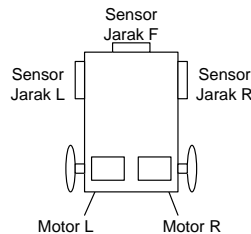
Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Robot beroda sebagai salah satu robot yang masih sederhana, baik dalam hal perancangan dan pemograman menjadi sangat populer belakangan ini. Robot beroda otomatis digunakan di beberapa area aplikasi termasuk manufaktur, penambangan, militer, dan transportasi, mencari dan melindungi misi, dll. Sistem navigasi diperlukan agar robot beroda dapat menentukan

posisi di sekitar lingkungannya (Anish Pandey, dkk., 2014). Untuk menjaga jarak robot beroda dari dinding adalah perilaku dasar yang harus dimiliki robot tersebut. FLC dapat membuat robot beroda dapat berjalan dengan lancar dan stabil untuk beberapa kasus dengan dinding sebagai penghalang (Fahmizal dan Chung-Hsien Kuo, 2013).

Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah sistem cerdas dengan menggunakan metodologi logika fuzzy. Sistem ini akan diaplikasikan pada permasalahan gerak robot beroda ketika diberikan berbagai rintangan untuk menemukan jalur bebas hambatan.

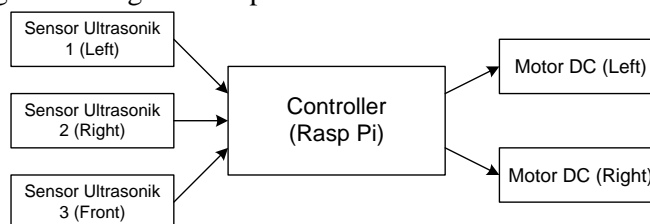
2 PERANCANGAN

Pada penelitian ini, kecerdasan buatan diimplementasikan pada sebuah robot beroda yang memiliki masukan berupa sensor ultrasonik dan keluaran berupa motor DC. Gambar 1 memperlihatkan desain dari robot beroda tersebut. Sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur jarak antara robot dengan dinding/benda penghalang disekitarnya digunakan sebanyak 3 buah yaitu 1 buah di posisi depan (sensor jarak F) dan 2 buah sensor di kanan dan kiri robot (sensor jarak R dan sensor jarak L). Sedangkan keluarannya yaitu motor DC sejumlah 2 buah yang berfungsi untuk menggerakkan roda robot dipasang di kanan dan kiri belakang dari robot (motor R dan motor F).



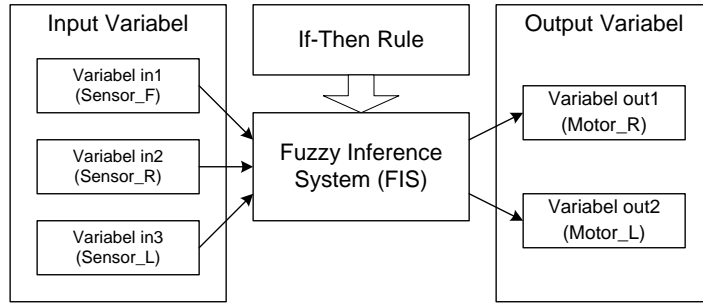
Gambar 1: Desain robot beroda untuk implementasi FLC

Diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 2 memperlihatkan pemrosesan data masukan dan keluaran dari robot beroda. Sinyal masukan dari 3 buah sensor ultrasonik akan diolah di dalam *controller* yaitu Raspberry Pi, dimana dalam penelitian ini akan digunakan FLC sebagai metode atau algoritma pengambilan keputusan yang akan ditanamkan dalam *controller* tersebut. Hasil keputusan yang diperoleh berupa nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) yang akan dikirimkan ke keluaran berupa Motor DC yang akan mengatur kecepatan roda kanan dan kiri robot.



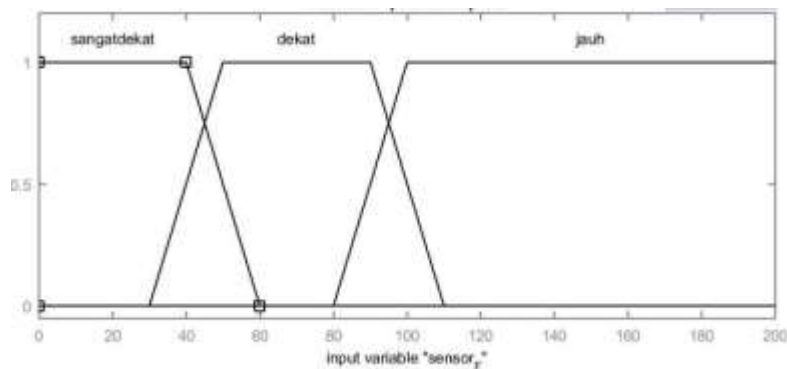
Gambar 2: Diagram Blok Sistem Pemrosesan Pada Robot Beroda

Desain sistem FLC yang akan diimplementasikan dalam robot beroda ditunjukkan pada Gambar 3. Terdapat 3 variabel masukan dan 2 variabel keluaran serta *Fuzzy Inference System* (FIS) yang berbasis pada *If-Then Rule* untuk memproses keputusan berupa nilai yang digunakan mengatur keluaran berdasarkan pada nilai-nilai dari masukan. Metode *fuzzy* yang digunakan yaitu Takagi-Sugeno (Agata Nawrocka, dkk., 2014), sehingga berpengaruh dalam proses defuzzifikasi untuk menentukan nilai keluaran.



Gambar 3: Diagram blok Fuzzy Logic Controller

Selanjutnya dirancang nilai *Membership Function* (MF) untuk setiap variabel masukan dan keluaran. Satuan jarak yang digunakan oleh variabel masukan adalah milimeter (mm) dengan nilai 0 – 200 mm, sedangkan satuan yang digunakan oleh variabel keluaran adalah PWM dengan nilai 0 – 255.



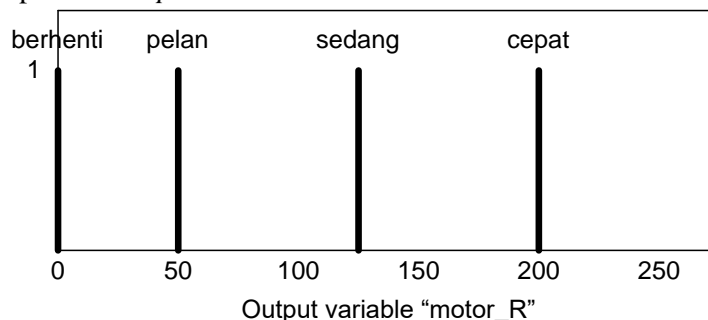
Gambar 4: Desain Kurva untuk variabel masukan Sensor F (Depan)

Desain kurva MF untuk variabel masukan sensor jarak depan ditunjukkan pada Gambar 4. Terdapat 3 himpunan MF untuk variabel sensor F yaitu sangat dekat, dekat dan jauh. Sedangkan untuk Sensor R (Kanan) dan Sensor L (kiri) menggunakan desain kurva yang sama dan himpunan MF yang sama juga yaitu sangat dekat, dekat dan jauh. Jika dirangkum, maka desain himpunan MF untuk setiap variabel masukan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1: Rancangan himpunan MF untuk setiap variabel masukan

Variabel masukan	Himpunan MF		
Sensor F	Sangat dekat	Dekat	Jauh
Sensor R	Sangat dekat	Dekat	Jauh
Sensor L	Sangat dekat	Dekat	Jauh

Selanjutnya perancangan himpunan MF untuk variabel keluaran. Terdapat 2 variabel keluaran yaitu motor R dan motor L. Oleh karena metode *fuzzy* yang digunakan adalah Takagi-Sugeno maka nilai keluarannya berupa nilai *crisp*.



Gambar 5: Desain Kurva untuk variabel Keluaran Motor R (Roda Kanan)

Gambar 5 menunjukkan rancangan kurva dari himpunan MF variabel motor R. Terdapat 4 nilai MF untuk variabel motor R yaitu berhenti, pelan, sedang dan cepat. Masing-masing nilai dari MF tersebut adalah berhenti = 0, pelan = 50, sedang = 125 dan cepat = 200. Dalam hal ini tidak diambil nilai maksimal dari PWM yaitu 255 karena nilai tersebut adalah kecepatan maksimal dari motor DC sehingga menyebabkan laju robot beroda terlalu cepat. Sedangkan untuk keluaran motor L memiliki desain kurva dan nilai MF yang sama dengan motor R. Jika dirangkum, maka desain himpunan MF untuk setiap variabel keluaran dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2: Rancangan himpunan MF untuk setiap variabel Keluaran

Variabel keluaran	Himpunan MF			
Motor R	berhenti	pelan	sedang	cepat
Motor L	berhenti	pelan	sedang	cepat

Dalam perancangan if then rule, jumlahnya bergantung dari kombinasi jumlah himpunan MF dari setiap variabel masukan dan keluaran. Seharusnya jumlah total dari jumlah kombinasi tersebut adalah $3 \times 3 \times 3 \times 4 = 108$ buah if then rule. Akan tetapi tidak semua rule tersebut digunakan. Dalam perancangan Fuzzy Inference System ini hanya digunakan sejumlah 27 buah if then rule saja sesuai dengan kebutuhan yang ada.

Untuk pergerakan robot beroda yang memungkinkan dalam rancangan penelitian ini adalah bergerak lurus ke depan, belok kanan dan belok kiri. Pergerakan dasar dari robot ini adalah bergerak lurus ke depan dengan kombinasi kecepatan pada kedua motor DC adalah motor R = cepat dan motor L = cepat. Gerakan dasar selanjutnya dari robot beroda ini jika terdapat halangan di depan namun tidak terdapat halangan di kanan dan kirinya adalah robot tersebut akan berbelok ke kanan. Kombinasi kecepatan dari variabel keluarannya yaitu motor R = pelan dan motor L = cepat.

1. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
2. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
3. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
4. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
5. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
6. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
7. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
8. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
9. If (sensor_F is jauh) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is cepat) (1)
10. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is sedang)(motor_L is sedang) (1)
11. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is sedang)(motor_L is sedang) (1)
12. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is sedang)(motor_L is sedang) (1)
13. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is sedang)(motor_L is sedang) (1)
14. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is pelan) (1)
15. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is pelan) (1)
16. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is sedang)(motor_L is sedang) (1)
17. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is pelan) (1)
18. If (sensor_F is dekat) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is pelan) (1)
19. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is pelan)(motor_L is cepat) (1)
20. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is cepat) (1)
21. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is jauh) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is cepat) (1)
22. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is cepat)(motor_L is pelan) (1)
23. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is cepat) (1)
24. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is dekat) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is pelan)(motor_L is cepat) (1)
25. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is jauh) then (motor_R is cepat)(motor_L is pelan) (1)
26. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is dekat) then (motor_R is cepat)(motor_L is pelan) (1)
27. If (sensor_F is sangat_dekat) and (sensor_R is sangat_dekat) and (sensor_L is sangat_dekat) then (motor_R is berhenti)(motor_L is berhenti) (1)

Gambar 6: Desain If Then Rule untuk Fuzzy Inference System

Gerakan lain yang dapat dilakukan oleh robot beroda yaitu belok kiri dengan kombinasi variabel keluaran yaitu motor R = cepat dan motor L = pelan. Desain if then rule ini juga memungkinkan robot untuk melambat jika mendekati halangan dengan kombinasi variabel keluaran yaitu motor R = pelan dan motor L = pelan. Pergerakan terakhir yang dapat dilakukan oleh robot tersebut adalah berhenti jika posisi robot tersebut menemui jalan buntu yaitu depan, kiri dan kanannya menemui halangan. Kombinasi untuk menghentikan gerakan robot yaitu motor R = berhenti dan motor L = berhenti. Lebih lengkap untuk desain if then rule dapat dilihat pada Gambar 6.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Perancangan yang dilakukan, maka dapat diimplementasikan FLC ke dalam pergerakan robot beroda. Pergerakan robot beroda yang dapat dilakukan adalah lurus ke depan, belok kanan dan belok kiri. Semua pergerakan tersebut berdasarkan kombinasi masukan dan keluaran yang ditentukan menggunakan FIS yang berbasis pada if then rule, dimana matriksnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Matriks If Then Rule

Rule	Input			Output	
	Sensor F	Sensor R	Sensor L	Motor R	Motor L
1	J	J	J	C	C
2	J	J	D	C	C
3	J	J	SD	C	C
4	J	D	J	C	C
5	J	D	D	C	C
6	J	D	SD	C	C
7	J	SD	J	C	C
8	J	SD	D	C	C
9	J	SD	SD	C	C
10	D	J	J	S	S
11	D	J	D	S	S
12	D	J	SD	S	S
13	D	D	J	S	S
14	D	D	D	P	P
15	D	D	SD	P	P
16	D	SD	J	S	S
17	D	SD	D	P	P
18	D	SD	SD	P	P
19	SD	J	J	P	C
20	SD	J	D	P	C
21	SD	J	SD	P	C
22	SD	D	J	C	P
23	SD	D	D	P	C
24	SD	D	SD	P	C
25	SD	SD	J	C	P
26	SD	SD	D	C	P
27	SD	SD	SD	H	H

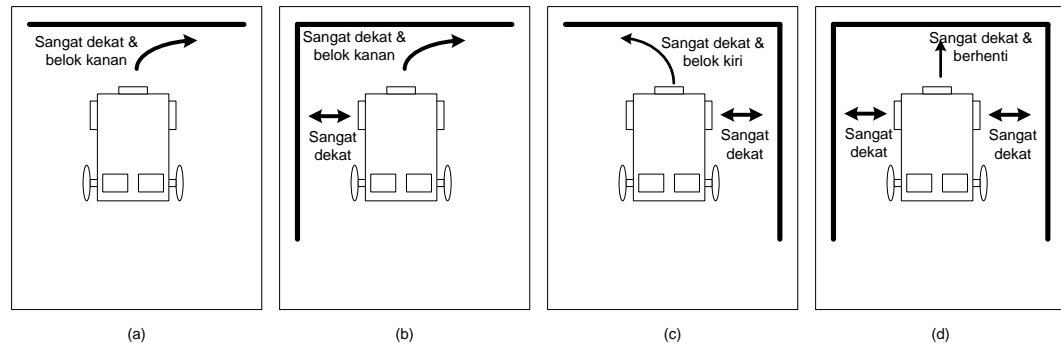
Keterangan :

SD = Sangat dekat; D = Dekat; J = Jauh

H = Berhenti; P = pelan; S = sedang; C = cepat

Pergerakan lurus ke depan terbagi menjadi 3 yaitu cepat, sedang dan pelan. Lurus ke depan dengan cepat berdasarkan if then rule 1 – 9. Lurus ke depan dengan kecepatan sedang berdasarkan rule 10 – 13 dan 16. Sedangkan lurus ke depan dengan kecepatan pelan berdasarkan rule 14, 15, 17 dan 18. Selain pergerakan lurus ke depan, robot beroda juga dapat bergerak belok kanan dan belok kiri. Pergerakan belok kanan berdasarkan rule 19, 20, 21, 23 & 24. Sedangkan pergerakan belok kiri berdasarkan rule 22, 25 dan 26. Terakhir adalah robot tersebut harus dapat berhenti jika ketemu halangan di depan, kanan dan kirinya. Robot berhenti berdasarkan rule 27.

Pengujian terhadap implementasi FLC pada robot beroda dilakukan berbasis kasus. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan sebanyak 4 kasus untuk melihat seluruh kemungkinan pergerakan robot beroda yaitu lurus ke depan, belok kanan, belok kiri dan berhenti.



Gambar 7: Pengujian Kemungkinan Pergerakan Robot

Kasus pertama digunakan untuk menguji pergerakan robot beroda ketika bergerak lurus ke depan kemudian bertemu dinding atau hambatan, diperlihatkan pada Gambar 7.(a). Kasus kedua digunakan untuk menguji pergerakan robot beroda ketika bergerak lurus ke depan kemudian bertemu dinding atau hambatan di sebelah kiri dan depan, diperlihatkan pada Gambar 7.(b). Kasus ketiga digunakan untuk menguji pergerakan robot beroda ketika bergerak lurus ke depan kemudian bertemu dinding atau hambatan di sebelah kanan dan depan, diperlihatkan pada Gambar 7.(c). Kasus keempat, , diperlihatkan pada Gambar 7.(d), digunakan untuk menguji pergerakan robot beroda ketika bergerak lurus ke depan kemudian bertemu dinding atau hambatan.

Tabel 4: Hasil Pengujian Dilihat dari Nilai Masukan dan Keluaran

Posisi	Masukan			Keluaran	
	Sensor F	Sensor R	Sensor L	Motor R	Motor L
(a)	28,8	171	144	50	200
(b)	19,7	177	22,7	50	200
(c)	25,8	38,5	141	200	50
(d)	10,6	23,1	31,8	16,7	4,17

Tabel 4 memperlihatkan nilai-nilai dari masukan sensor F, sensor R dan sensor L serta keluaran pada motor R dan motor L. Pada posisi (a), robot sudah berada dekat dengan dinding sehingga kecepatan motor R dan L berubah menjadi 50 dan 200 yang berarti robot beroda bergerak belok ke kanan. Posisi (b) menunjukkan bahwa robot sudah berada dekat dengan dinding dan sisi kiri robot juga terdapat penghalang sehingga kecepatan motor R dan L berubah menjadi 50 dan 200 yang berarti robot beroda bergerak belok ke kanan. Pada posisi (c), robot sudah berada dekat dengan dinding dan sisi kanan robot juga terdapat penghalang sehingga kecepatan motor R dan L berubah menjadi 200 dan 50 yang berarti robot beroda bergerak belok ke kiri. Sedangkan pada posisi (d), robot sudah berada dekat dengan dinding dan sisi kanan dan kiri robot juga terdapat penghalang sehingga kecepatan motor R dan L berubah menjadi mendekati 0 yang berarti robot beroda berhenti bergerak.

4 KESIMPULAN

Fuzzy yang dibangun terdiri dari 3 variabel input, yaitu sensor F, sensor R, sensor L, dan yang masing-masing memiliki 3 himpunan MF, yaitu sangat dekat, dekat dan jauh. Serta memiliki dua variabel output, yaitu motor R dan motor L yang masing-masing memiliki empat himpunan MF, yaitu berhenti, pelan, sedang dan cepat. Pengujian dilakukan dengan mengambil empat pergerakan robot. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode FLC dapat diimplementasikan pada sistem navigasi pada gerak robot beroda.

Referensi

- Agata Nawrocka, Marcin Nawrocki, Andrzej Kot, 201. *Fuzzy Logic Controller for Rehabilitation Robot Manipulator*. Velke Karlovice, Czech Republic, Proceedings of the 2014 15th International Carpathian Control Conference (ICCC).
- Anish Pandey, Rakesh Kumar Sonkar, Krishna Kant Pandey, D. R. Parhi, 2014. *Path Planning Navigation of Mobile Robot With Obstacles Avoidance Using Fuzzy Logic Controller*. Coimbatore, India, IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO).
- Fahmizal ; Chung-Hsien Kuo, 2013. *Development of a fuzzy logic wall following controller for steering mobile robots*. Taipei, International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY).
- Kusumadewi, S., 2002. *Artificial Intelligence (Teknik dan aplikasi)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.