
IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA LENGAN ROBOT PEMILAH TOMAT BERDASARKAN WARNA

Nuril Esti Khomariah¹, Alfian Arifianto²

^{1,2}Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru no. 45 Surabaya 60118

¹nuril@untag-sby.ac.id, ²alfianarifianto13@gmail.com

Abstract

The development of technology is rapidly advancing, especially in robotics technology. Nowadays, robots have been evolving and come in various types. Robots are created as tools to assist in optimizing tasks, and many companies have started implementing robotic technology to streamline and automate their operations. Robots are efficient in completing tasks, but they still require human assistance. In their creation, robots need logical algorithms to perform their tasks. The use of photodiode sensors requires sufficient light to obtain optimal values. However, when using photodiode sensors indoors, the readings of fruit values may become unstable and fluctuate.

Keywords: Robotics, Arm Robot, Technology, Freight Moving Robot.

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini berkembang dengan sangat pesat khususnya pada teknologi robotika. Saat ini robot mengalami perkembangan dan memiliki jenis yang beragam. Robot diciptakan sebagai alat pembantu mengoptimalkan pekerjaan, saat ini banyak perusahaan yang mulai menerapkan teknologi robotik untuk mempermudah dan mengoptimalkan pekerjaan secara otomatis. Robot memiliki efisiensi dalam menyelesaikan pekerjaan. Robot tidak sepenuhnya dapat bekerja sendiri tanpa bantuan manusia. Dalam penciptaannya robot memerlukan logika-logika agar dapat menyelesaikan pekerjaannya. Penggunaan sensor photodiode harus memperoleh cahaya yang cukup agar dapat mendapatkan nilai maksimal, Penggunaan sensor photodiode dalam ruangan dapat mendapatkan nilai dari buah menjadi tidak stabil dan berubah ubah.

Kata kunci: Robotika, Robot Lengan, Teknologi, Robot Pemindah Barang.

1. PENDAHULUAN

Teknologi semakin berkembang pesat, ditandai oleh banyak bidang yang sudah memanfaatkan teknologi robot untuk membantu dalam operasionalnya seperti kesehatan, pertanian, industri film, industri game, pendidikan, peternakan, dan lain sebagainya. Pemanfaatan teknologi bertujuan untuk mendapatkan hasil kerja yang akurat dan kontinu tanpa henti. Hal inilah yang menjadi kelebihan pemanfaatan teknologi dibandingkan dengan menggunakan tenaga manusia. Pada bidang pertanian, teknologi robot dapat dipergunakan untuk membantu petani dalam memilah hasil panen, salah satunya adalah hasil panen tomat.

Teknologi robot yang digunakan dapat berupa lengan robot. Lengan robot terdiri dari beberapa DoF (Degree of Freedom)[1]–[4]. Dimana jumlah DoF sama dengan jumlah

minimal penggunaan aktuator pada robot lengan tersebut[5]. Semakin banyak jumlah DoF pada suatu lengan robot memiliki arti bahwa lengan robot tersebut dapat bergerak semakin leluasa[2],[6]. Dengan tambahan pendeteksi warna, maka lengan robot ini dapat membantu memilah kematangan buah berdasarkan warnanya.

Diperlukan suatu metode tertentu[7], [8] agar membuat proses pemilahan berjalan dengan baik. Salah satu metode pendukung keputusan yang dapat digunakan adalah Logika Fuzzy[6], [9], [10]. Ketika sistem sudah dapat mengetahui tingkat kematangan suatu objek, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemisahan. Pemisahan ini dilakukan dengan cara mengambil objek tersebut lalu diletakkan pada area tertentu. Pergerakan[11] lengan robot ini diperlukan perhitungan kinematik agar robot dapat dengan presisi mengambil objek dan meletakkan di lokasi target[12], [13][14].

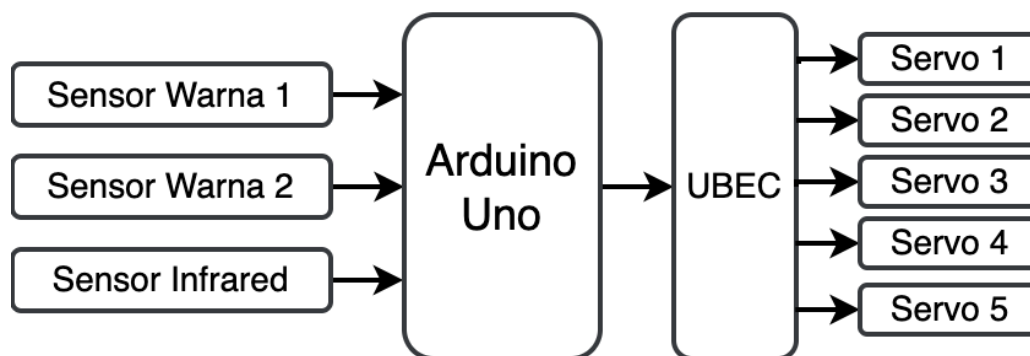
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam tahapan penelitian terdapat Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu observasi, pada penelitian ini menggunakan algoritma Fuzzy Logic untuk menentukan tepatnya perhitungan dari nilai warna yang akan dipindahkan ke lokasi tujuan. serta terdapat alur kerja pada penelitian ini, yaitu:

2.2 Blok Diagram

Pada pembuatan robot terdapat beberapa rancangan yang akan digunakan. Block diagram merupakan sebuah diagram yang berupa penjelasan atau alur kerja dari suatu sistem. Block diagram bertujuan untuk membantu menganalisis sistem secara keseluruhan. Berikut ini merupakan rancangan dari block diagram yang akan diterapkan pada proses pembuatan robot.



Gambar 1. Blok Diagram

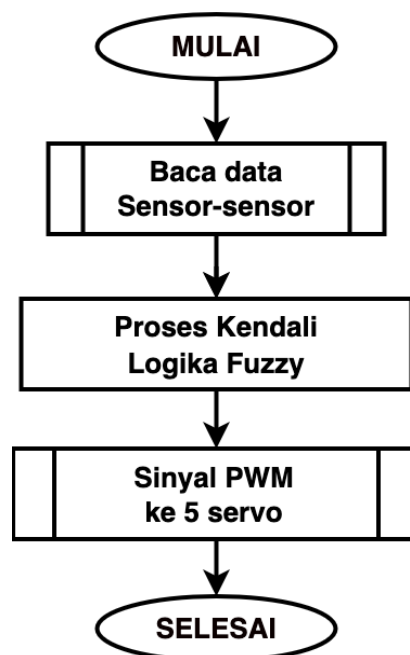
Dalam block diagram terdapat beberapa perangkat keras yang akan digunakan dalam perancangan dari robot lengan. Beberapa perangkat keras yang digunakan antarlain adalah Mikrokontroler Ardiuno Uno 328P, sensor photodiode, servo. Arduino uno yang digunakan memiliki peran untuk mengendalikan semua sistem dengan menggunakan logika fuzzy. Sensor, terdapat dua sensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sensor photodiode dan sensor inframerah. Sensor photodiode yang digunakan dalam perancangan ini berguna untuk mendeteksi pantulan cahaya dan diterapkan sebagai pengirim data yang nantinya akan di teruskan dan diolah pada mikrokontroler, sedangkan sensor inframerah berguna sebagai pendeteksi objek yang nantinya akan diolah juga kedalam mikrokontroller. Servo, servo berperan sebagai keluaran dari beberapa sensor

yang akan di proses dengan menggunakan logika fuzzy, servo juga berperan sebagai penggerak dari robot yang nantinya akan dikendalikan oleh mikrokontroller.

2.3 Flowchart

Flowchart memberi gambaran jalannya sebuah program dari satu proses ke proses lainnya. Sehingga, alur program akan menjadi mudah dipahami. Rancangan dari flowchart yang akan digunakan pada pembuatan aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 2. Penggunaan flowchart berperan sebagai alur pada sebuah program. Program ini menerima data dari ketiga sensor yaitu dua sensor photodiode dan satu sensor inframerah. Sensor photodiode akan mencari data dari pantulan cahaya dari tomat yang nantinya akan di proses kedalam mikrokontroller, sedangkan untuk sensor inframerah akan berguna untuk mendeteksi objek, jika objek terdeteksi oleh sensor inframerah maka sensor photodiode akan bereaksi dengan membaca data dan akan di serahkan ke mikrokontroller untuk di proses.

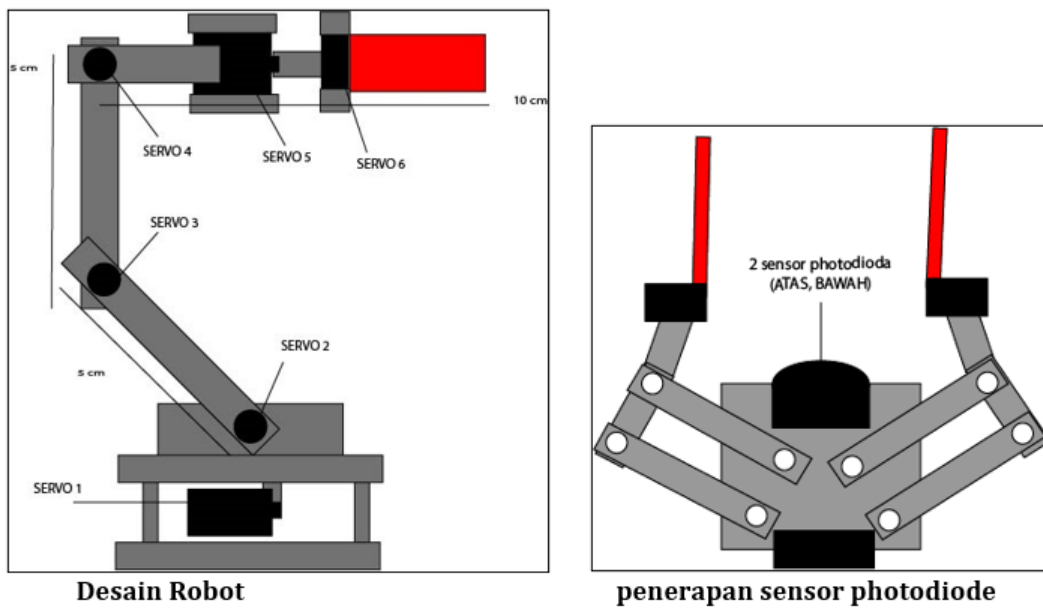
Setelah mikrokontroller menerima data akan dilanjutkan dengan menerapkan logika fuzzy dengan beberapa aturan yang akan ditetrapkan. Mikrokontroller akan menghitung dan akan menganalisis untuk mencari nilai akhir dimana nilai akhir merupakan titik lokasi tujuan dari perpindahan objek. Jika sudah menemukan nilai akhir dari objek maka akan dilanjutkan ke servo, servo dapat bergerak setelah menerima data dari mikrokontroller. jika data yang diolah oleh mikrokontroller menghasilkan nilai akhir mentah maka servo akan berpindah ke arah kiri, jika hasil mendapatkan hasil akhir berupa sedang maka servo akan bergerak ke arah tengah, dan jika hasil akhir mendapatkan hasil berupa matang maka servo akan bergerak kearah kanan. Program ini dibuat dengan menggunakan bahasa C dengan software Arduino IDE.



Gambar 2. Flowchart Perancangan Perangkat Lunak

2.4 Rancangan Desain Alat

Pada pembuatan robot diperlukan perancangan desain alat untuk memudahkan dalam proses pembuatan robot. Berikut ini merupakan beberapa rancangan desain dari robot :



Gambar 3. Desain Robot Lengan

Pada gambar Desain robot terdapat beberapa komponen yang mendukung dalam pembuatan robot yakni 5 buah servo, sensor inframerah dan 2 sensor photodiode, pada bagian lengan memiliki ukuran yang berbeda beda sesuai dengan kegunaan seperti pada lengan menggunakan ukuran 4cm, elbow menggunakan ukuran 4cm, wrist menggunakan ukuran cm. Sedangkan pada Gambar penerapan sensor photodiode diatas merupakan gripper atau pencapit dari robot yang memiliki fungsi untuk mencapit objek, gambar berwarna merah merupakan ujung dari gripper. Penerapan pada sensor photodiode bisa dilihat seperti gambar diatas, yakni dipasang pada atas dan bawah gripper. Sensor photodiode dipasang dan diberi penutup agar pencahayaan yang masuk sesuai dengan yang di inginkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

2.5 Logika Fuzzy

Penerapan logika fuzzy digunakan pada robot untuk menentukan navigasi. Proses ini dimulai dengan mengumpulkan data data yang didapat dari kedua sensor photodiode dan satu sensor inframerah. Proses selanjutnya yaitu akan dilakukan fuzzyfikasi, defuzzyfikasi dan penerapan aturan dasar dari logika fuzzy. Semua data yang diperoleh akan diolah dengan menerapkan aturan. Hasil dari proses logika fuzzy akan berupa navigasi dan arah gerak dari robot lengan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui sensor bekerja dengan seharusnya maka perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini juga berfungsi untuk mendapatkan keakuratan dari sensor yang akan digunakan. Berikut ini merupakan beberapa pengujian dari sensor yang digunakan.

3.1 Pengujian Sensor Photodiode

Pengujian ini bertujuan untuk dapat memahami karakteristik dari photodiode dan untuk mendapatkan data yang akurat dari sensor. Cara pengujian sensor photodiode antara lain yaitu:

1. Siapkan Arduino dan hubungkan sensor sesuai pin yang diinginkan
2. Siapkan beberapa tomat yang memiliki perbedaan warna, dalam penelitian ini tomat yang digunakan yaitu tomat yang memiliki warna merah, kuning dan hijau
3. Dekatkan tomat pada sensor dan pastikan alat mendapatkan cahaya yang cukup
4. Baca hasil output sensor photodiode dari program yang telah dibuat

Berikut ini merupakan gambar dari pengujian sensor photodiode:



Gambar 4. Pengujian sensor photodiode

Dalam pengujian ini objek perlu didekatkan pada sensor dan sensor perlu dilapisi penutup agar cahaya yang masuk cukup. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian sensor photodiode:

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Photodiode

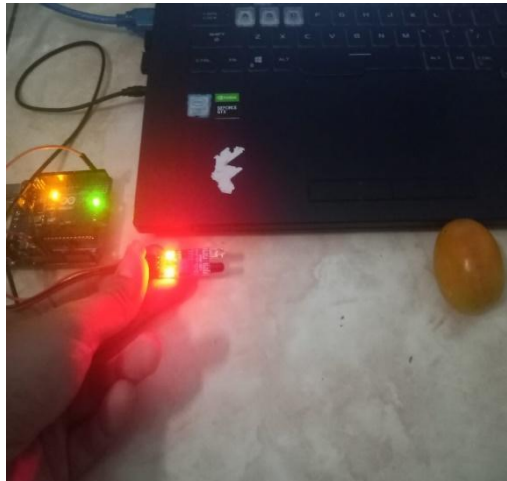
N O	HIJAU	KUNING	MERAH
1	1,33	3,61	4,73
2	2,00	3,86	4,74
3	0,79	3,36	4,67
4	1,44	3,36	4,80
5	1,21	3,82	4,46
6	1,59	3,67	4,56
7	1,57	3,79	4,53
8	1,61	3,11	4,46
9	1,72	3,65	4,71
10	1,68	3,51	4,58

N O	HIJAU	KUNING	MERAH
11	1,70	3,40	4,79
12	1,83	3,51	4,68
13	1,78	3,56	4,56
14	2,12	3,50	4,77
15	2,50	3,61	4,57
16	2,43	3,15	4,74
17	2,35	3,34	4,64
18	2,30	3,51	4,68
19	2,37	3,32	4,71
20	2,29	3,96	4,56
21	2,32	3,25	4,79
22	1,33	3,56	4,58
23	1,46	3,59	4,56
24	2,30	3,40	4,46
25	1,54	3,28	4,68
26	1,65	3,17	4,73
27	1,88	3,46	4,67
28	2,48	3,17	4,53
29	2,64	3,49	4,68
30	2,34	3,46	4,58
	Nilai Minimum		
	0,17	3,11	4,46

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai minimum volt yang didapat yaitu untuk warna hijau berupa 0,17, untuk warna kuning berupa 3,11, dan untuk warna merah berupa 4,46.

3.2 Hasil Pengujian Sensor Inframerah

Pengujian sensor inframerah memiliki tujuan untuk mendeteksi objek juga untuk memastikan sensor inframerah dapat berfungsi dengan baik. Berikut ini merupakan gambar dari pengujian sensor inframerah.



Gambar 5. Gambar Pengujian Sensor Inframerah

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan objek pada sensor inframerah. Dalam pengujian ini jika terdapat objek maka sensor akan memberikan hasil dengan nilai 1 jika tidak ada objek maka akan memberikan nilai 0. Berikut ini merupakan hasil pengujian dari sensor inframerah.

Tabel 2. Tabel Pengujian Sensor Inframerah

No	Jarak	Hasil	Keterangan
1	1 cm	Terdeteksi	1
2	2 cm	Terdeteksi	1
3	3 cm	Terdeteksi	1
4	4 cm	Terdeteksi	1
5	5 cm	Terdeteksi	1
6	6 cm	Terdeteksi	1
7	7 cm	Terdeteksi	1
8	8 cm	Terdeteksi	1
9	9 cm	Terdeteksi	1
10	10 cm	Terdeteksi	1
11	11 cm	Terdeteksi	1
12	12 cm	Terdeteksi	1

No	Jarak	Hasil	Keterangan
13	13 cm	Terdeteksi	1
14	14 cm	Terdeteksi	1
15	15 cm	Terdeteksi	1
16	16 cm	Terdeteksi	1
17	17 cm	Terdeteksi	1
18	18 cm	Terdeteksi	1
19	19 cm	Terdeteksi	1
20	20 cm	Terdeteksi	1
21	21 cm	Terdeteksi	1
22	22 cm	Terdeteksi	1
23	23 cm	Tidak Terdeteksi	0
24	24 cm	Tidak Terdeteksi	0
25	25 cm	Tidak Terdeteksi	0
26	26 cm	Tidak Terdeteksi	0
27	27 cm	Tidak Terdeteksi	0
28	28 cm	Tidak Terdeteksi	0
29	29 cm	Tidak Terdeteksi	0
30	30 cm	Tidak Terdeteksi	0

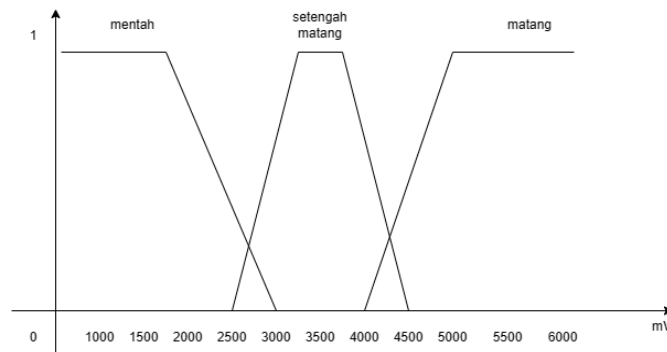
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa jika sensor dapat mendeteksi objek maka akan menghasilkan ouput berupa nilai 1 dan jika tidak dapat mendeteksi objek maka akan menghasilkan output bernilai 0. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa sensor photodiode dapat mendeteksi objek hingga 22cm.

3.3 Desain Sistem Fuzzy Logic

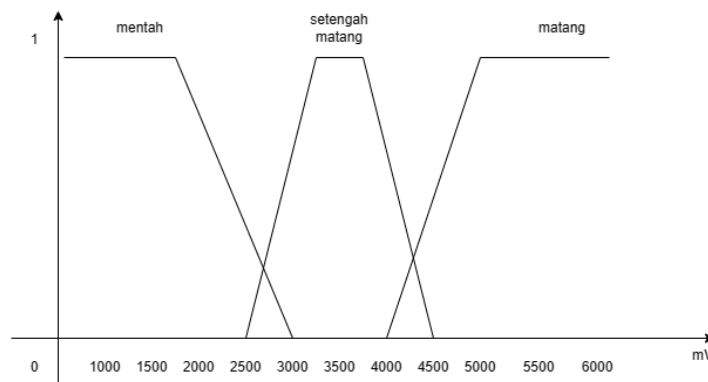
Dalam melakukan pengujian sistem logika fuzzy diperlukan beberapa Langkah dan tahapan. Berikut ini merupakan Langkah dalam pengujian fuzzy logic

1. Membuat Fungsi Keanggotaan

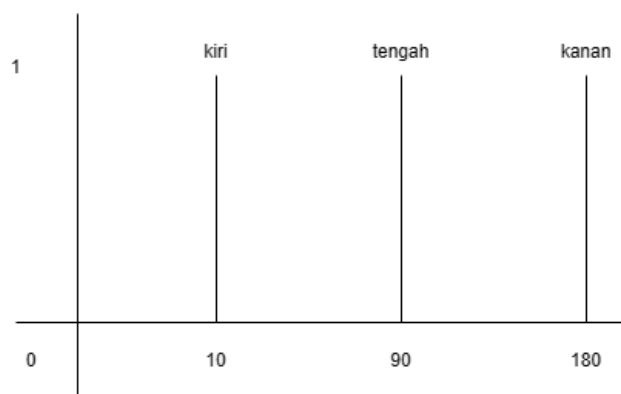
Keanggotan fuzzy memiliki berbagai macam bentuk antaralain yaitu segitiga, trapesium dan fungsi yang lebih komplek. dalam pembahasan yang akan dilakukan maka diperlukannya sebuah fungsi keanggotaan untuk menentukan himpunan fuzzy. Berikut merupakan fungsi keanggotaan dari sensor 1 dan sensor 2 dan fungsi keanggotaan dari output yang digunakan.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Sensor 1



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Sensor 2



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Output

3.4 Pengujian Sistem Fuzzy Logic

Dilakukan pengujian logika fuzzy secara manual untuk menguji sistem robot dalam mengambil keputusan berdasarkan aturan dari fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya. Pada pengujian ini dilakukan dengan mengatur dua input yang berbeda beda untuk mengamati bagaimana sistem dapat merespon dan menghasilkan output sesuai dengan kondisi yang ditentukan. Pengujian manual ini bertujuan untuk menganalisis dari setiap langkah dari proses fuzzy agar dapat dilakukan perbaikan jika terdapat kesalahan, perbaikan diperlukan untuk meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

Mendefinisikan fungsi keanggotaan, Dari gambar fungsi keanggotaan tersebut dapat didefinisikan untuk mendapatkan himpunan fuzzy. Berikut ini merupakan uraian dari fungsi keanggotaan

Tabel 3. Uraian Fungsi Keanggotaan Sensor 1

MF-1				
h menta	0	0	250	300
sedang	250	300	400	450
g matan	400	500	600	600

Tabel 4. Uraian Fungsi Keanggotaan Sensor 2

MF-2				
h menta	0	0	250	300
sedang	250	300	400	450
g matan	400	500	600	600

Fungsi keanggotaan yang telah diuraikan nantinya akan dihitung menggunakan rumus seperti dibawah ini.

$$\mu_{\text{mentah}} = \begin{cases} 1 & x \leq 2500 \\ \frac{2500-x}{3000-2500} & 2500 < x \leq 3000 \\ 0 & x \geq 3000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}} = \begin{cases} 0 & x \leq 2500 \\ \frac{x-2500}{4000-3000} & 2500 < x < 3000 \\ 1 & 3000 \leq x \leq 4000 \\ \frac{4500-x}{4500-4000} & 4000 < x \leq 4500 \\ 0 & x \geq 4500 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{matang}} = \begin{cases} 0 & x \leq 4000 \\ \frac{x-4000}{4500-4000} & 4000 < x \leq 4500 \\ 1 & x \geq 4500 \end{cases}$$

dari perhitungan diatas menghasilkan nilai sebagai berikut dimana, hasil dari MF1:

Tabel 5. Hasil Dari MF1 Studikusus 1

POSISI	NILAI
turun	0.5
naik	0.5
nol	0

hasil dari MF2:

Tabel 6. Hasil Dari MF2 Studikusus 2

POSISI	NILAI
turun	0.24
naik	0.76
nol	0

Lalu akan dilakukan tahapan pengimplementasian rule. penggunaan rule pada penelitian ini bertujuan untuk membantu mengambil keputusan yang akurat. Berikut merupakan rule yang digunakan dalam pengujian sistem.

Tabel 7. Rules

RULES	mentah	sedang	Matang
mentah	kiri	kiri	Tengah
sedang	kiri	tengah	Kanan
matang	tengah	kanan	Kanan

Nilai min mengambil nilai terkecil dari hasil perhitungan dari input-input yang dimasukkan. dengan menerapkan rule pada pengujian dapat menghasilkan kondisi

Tabel 8. Kondisi

no					min	kondisi
1	mentah	0.5	mentah	0.24	0.24	kiri
2	mentah	0.5	sedang	0.76	0.5	kiri
3	mentah	0.5	matang	0	0	-
4	sedang	0.5	mentah	0.24	0.24	kiri
5	sedang	0.5	sedang	0.76	0.5	tengah
6	sedang	0.5	matang	0	0	-
7	matang	0	mentah	0.24	0	-
8	matang	0	sedang	0.76	0	-
9	matang	0	matang	0	0	-

Setelah menemukan nilai min dan kondisinya maka selanjutnya yaitu mencari nilai maksimum.

Tabel 9. Navigasi Excel

	kiri	tengah	kanan
	0.24	0	0
	0.5	0	0
	0	0	0
	0.24	0	0
	0	0.5	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
max	0.5	0.5	0

Setelah mendapatkan nilai maksimum Langkah selanjutnya yaitu penerapan COG (center of gravity) untuk mendapatkan nilai akhir.

Tabel 10. Perhitungan COG

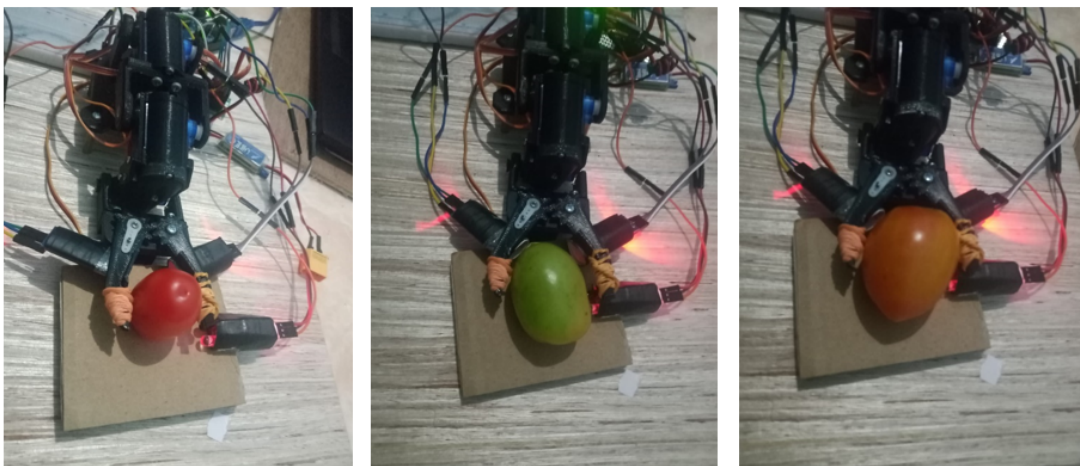
cog	max	value	dikalika n
kiri	0.5	10	5
tengah	0.5	90	45
kanan	0	180	0
jumlah	1		50

Nilai maksimum yang telah di cari pada tabel 4.21 akan dikalikan dengan value dari fungsi keanggotaan output dan akan dijumlahkan. Setelah mendapatkan hasil, nilai dari hasil maksimum yang telah dikali dengan value akan di bagi dengan jumlah nilai maksimum maka akan mendapatkan nilai sebagai berikut :

$$\text{Final} = \frac{5}{0} = 50$$

3.5 Pengujian Gerak Robot

Pengujian robot lengan ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan kemampuan dari robot lengan. Pengujian ini memiliki serangkaian tahapan pengujian antara lain pengujian dari pergerakan robot dan deteksi sensor dari photodiode. Pada pengujian ini robot dimaksudkan agar robot dapat menjalankan tugas sebagaimana mestinya, juga untuk meminimalisir error pada kinerja robot lengan. Pada pengujian ini terdapat 3 lokasi tujuan dengan kriteria mentah, sedang dan matang. Berikut ini merupakan pengujian dari robot lengan:



Gambar 6. Testing Robot

Gambar diatas merupakan proses dari pengujian tomat dengan warna merah, hijau dan kuning. sensor inframerah akan mendeteksi objek, jika objek terdeteksi oleh sensor inframerah maka robot akan bekerja. Selanjutnya sensor photodiode akan mendeteksi cahaya yang terpantul dari tomat. Logika fuzzy akan bekerja setelah kedua sensor photodiode mendapatkan data, data akan diproses dengan menggunakan logika fuzzy untuk menentukan lokasi tujuan. Jika hasil akhir dari perhitungan tomat warna merah menunjukkan hasil berupa matang maka lokasi tujuan dari tomat warna merah ini yaitu berada di area matang. Dalam pengujian ini, Jika hasil akhir dari perhitungan tomat warna hijau menunjukkan hasil berupa mentah maka tujuan yang ditetapkan yaitu dapat dikategorikan sebagai mentah atau akan dipindahkan ke area mentah. Sedangkan Jika hasil akhir dari perhitungan tomat warna kuning atau oren menunjukkan hasil berupa matang maka tujuan yang ditetapkan pada tomat berwarna kuning ini dapat diklasifikasikan ke sedang dan dipindahkan ke area sedang.

Dari tabel pengujian ini didapatkan hasil bahwa pada pengujian ini memiliki nilai keakuratan yang baik namun untuk gerak dari robot belum cukup maksimal. Dari tabel

tersebut dapat disimpulkan bahwa pengujian ini menghasilkan tingkat keakuratan yang baik dalam beberapa aspek. Namun, terdapat temuan bahwa gerakan robot masih belum mencapai tingkat maksimal yang diharapkan. Meskipun nilai keakuratan dalam hal lainnya memuaskan, gerakan robot masih perlu diperbaiki agar dapat mencapai performa yang optimal. Hal ini menunjukkan adanya potensi untuk melakukan peningkatan dan pengembangan lebih lanjut pada sistem gerakan robot guna meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam menjalankan tugas-tugasnya. Dengan melakukan evaluasi dan perbaikan yang tepat, diharapkan robot dapat mencapai tingkat kinerja yang lebih baik di masa mendatang.

Melalui hasil pengujian ini, diharapkan dapat mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kelemahan dan kelebihan dari robot lengan. Dengan melakukan pengujian ini bertujuan untuk memberikan perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan performa dan fungsionalitas robot lengan.

Tabel 11 Pengujian Akhir Robot

No	Sensor 1	Sensor 2	Output	Keterangan
1	2730	3610	46.80	Tengah
2	2000	4730	90.00	Tengah
3	1440	2860	10.00	Kiri
4	1880	2930	10.00	Kiri
5	2630	1530	10.00	Kiri
6	3370	2890	72.40	Tengah
7	1530	2750	10.00	Kiri
8	3470	3090	90.00	Tengah
9	1230	1550	10.00	Kiri
10	2700	1470	10.00	Kiri
11	3450	3160	90.00	Tengah
12	3250	3850	90.00	Tengah
13	4850	3350	180.00	Kanan
14	4880	4250	180.00	Kanan
15	2530	1245	10.00	Kiri
16	2660	1470	10.00	Kiri
17	2930	1840	10.00	Kiri
18	3650	4450	163.64	Kanan
19	3250	4500	180.00	Kanan
20	3270	4210	113.92	kanan
21	2850	1380	10.00	Kiri
22	4510	3670	180.00	Kanan
23	3450	3810	90.00	Tengah
24	3220	3760	90.00	Tengah
25	3520	4360	140.63	Kanan
26	3670	4250	120.00	Kanan
27	3830	4250	120.00	Kanan
28	4230	4750	180.00	Kanan
29	2230	4850	90.00	Tengah
30	2310	2810	10.00	Kiri

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Penggunaan sensor photodiode mendapatkan nilai minimum pada hijau 0.17 , kuning 3.11, dan merah 4.46 , tomat yang digunakan juga memiliki Batasan yakni hanya dapat menggunakan tomat dengan diameter 2cm sampai diameter 5cm.
2. Penggunaan sensor photodiode harus memperoleh cahaya yang cukup agar dapat mendapatkan nilai maksimal, Penggunaan sensor photodiode dalam ruangan dapat mendapatkan nilai dari buah menjadi tidak setabil dan berubah ubah. Dalam kondisi penggunaan sensor photodiode di dalam ruangan, terdapat fluktuasi nilai dari buah yang dapat membuatnya tidak stabil dan berubah-ubah.
3. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan pemahaman mengenai penggunaan sensor photodiode dan batasan yang terkait dengan nilai minimum dan pengaruh kondisi lingkungan.
4. Penemuan ini dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan penggunaan sensor photodiode dalam pengujian dan pengembangan sistem yang berkaitan dengan deteksi warna pada tomat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kunal, A. Z. Arfianto, J. E. Poetro, F. Waseel, and R. A. Atmoko, "Accelerometer Implementation as Feedback on 5 Degree of Freedom Arm Robot," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 1, no. 1, 2020, doi: 10.18196/jrc.1107.
- [2] R. Rendyansyah, A. P. P. Prasetyo, and K. Exaudi, "Implementasi Fuzzy Logic dan Trajectory Pada Manipulator Mobile Robot Untuk Deteksi Kebocoran Gas," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 15, no. 1, Apr. 2019, doi: 10.17529/jre.v15i1.12373.
- [3] M. Crenganiş, M. Tera, C. Biriş, and C. Gîrjob, "Dynamic Analysis of a 7 DOF Robot Using Fuzzy Logic for Inverse Kinematics Problem," *Procedia Comput Sci*, vol. 162, pp. 298–306, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.288.
- [4] C. Urrea and D. Jara, "Design, Analysis, and Comparison of Control Strategies for an Industrial Robotic Arm Driven by a Multi-Level Inverter," *Symmetry (Basel)*, vol. 13, no. 1, p. 86, Jan. 2021, doi: 10.3390/sym13010086.
- [5] P. Sihombing, R. B. Muhammad, H. Herriyance, and E. Elviwani, "Robotic Arm Controlling Based on Fingers and Hand Gesture," in *2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT)*, IEEE, Jun. 2020, pp. 40–45. doi: 10.1109/MECnIT48290.2020.9166592.
- [6] A. H. Fernando, L. A. G. Lim, A. A. Bandala, R. R. Vicerra, and E. D. Dadios, "Design of a Fuzzy Control Crane type robot arm for EOD application," in *2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, IEEE, Nov. 2021, pp. 1–5. doi: 10.1109/HNICEM54116.2021.9732026.
- [7] A. A. Alphonse, A. A. Abbas, A. M. Fathy, N. S. Elsayed, H. H. Ammar, and M. M. Elsamanty, "Modelling of Continuum Robotic Arm Using Artificial Neural Network (ANN)," in *2019 Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES)*, IEEE, Oct. 2019, pp. 191–195. doi: 10.1109/NILES.2019.8909308.
- [8] A. Tatoglu, C. Campana, J. Nolan, and G. Toloczko, "Fuzzy Logic Controller Design of a Single Stage Fluid Valve Based Robotic Arm," in *Volume 7B: Dynamics, Vibration, and Control*, American Society of Mechanical Engineers, Nov. 2020. doi: 10.1115/IMECE2020-24145.
- [9] J. Tavoosi and F. Mohammadi, "A New Type-II Fuzzy System for Flexible-Joint Robot Arm Control," in *2019 6th International Conference on Control, Instrumentation and Automation (ICCIA)*, IEEE, Oct. 2019, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICCIA49288.2019.9030872.
- [10] A. Štefek, V. T. Pham, V. Krivanek, and K. L. Pham, "Optimization of Fuzzy Logic Controller Used for a Differential Drive Wheeled Mobile Robot," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 13, p. 6023, Jun. 2021, doi: 10.3390/app11136023.
- [11] H. T. Nguyen, V. C. Trinh, and T. D. Le, "An Adaptive Fast Terminal Sliding Mode Controller of Exercise-Assisted Robotic Arm for Elbow Joint Rehabilitation Featuring Pneumatic Artificial Muscle Actuator," *Actuators*, vol. 9, no. 4, p. 118, Nov. 2020, doi: 10.3390/act9040118.

- [12] C. Ben Jabeur and H. Seddik, "Design of a PID optimized neural networks and PD fuzzy logic controllers for a two-wheeled mobile robot," *Asian J Control*, vol. 23, no. 1, pp. 23–41, Jan. 2021, doi: 10.1002/asjc.2356.
- [13] T. Dewi, S. Nurmaini, P. Risma, Y. Oktarina, and M. Roriz, "Inverse kinematic analysis of 4 DOF pick and place arm robot manipulator using fuzzy logic controller," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 10, no. 2, p. 1376, Apr. 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i2.pp1376-1386.
- [14] S. Shirafuji and J. Ota, "Kinematic Synthesis of a Serial Robotic Manipulator by Using Generalized Differential Inverse Kinematics," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 35, no. 4, pp. 1047–1054, Aug. 2019, doi: 10.1109/TRO.2019.2907810.