

PROTOTIPE ROBOT PRAMUSAJI UNTUK MENGANTAR MAKANAN

Albryan Edwardo¹, Thiang², Handry Khoswanto³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

Jl.Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: c11170039@john.petra.ac.id¹, thiang@petra.ac.id², handry@petra.ac.id³

Abstrak – Pandemi COVID-19 ini masyarakat dihimbau untuk menjaga jarak dan tidak memperbesar kerumunan. Agar tetap dapat melayani pelanggan namun tidak memberbesar kerumunan dan tetap menjaga jarak, maka dalam penelitian ini dikembangkanlah membuat prototipe robot pramusaji yang dapat mengantarkan makanan dari satu meja ke meja lain menggunakan metode *line following*. Robot akan berjalan dari dapur ke meja pelanggan dengan mengikuti garis hitam yang terpasang disekitar meja. Dalam sekali pengantaran makanan, robot dapat mengantar makanan ke 2 destinasi meja sekaligus. Hasil dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa robot ini mampu mengantarkan makanan dari dapur atau garasi ke destinasi meja pertama dan meja lain lalu kembali dalam waktu 1,5-2 menit, mampu mendeteksi halangan 8-30 cm dengan baik dengan tingkat keberhasilannya 100%. Namun memiliki kelemahan seperti kesalahan desain line follower yang dipasang ditengah robot sehingga pergerakan robot menjadi kurang baik. Ketika robot berjalan miring dari awal robot berjalan, maka perjalanan selanjutnya akan terus miring dan sulit untuk kembali berjalan lurus.

Kata Kunci— Prototipe robot Pramusaji, line following, Arduino Mega 2560.

I. PENDAHULUAN

Mengingat keadaan pandemi ini masyarakat dihimbau untuk mengikuti protokol kesehatan yang salah satunya menghindari kerumunan. Hal ini menjadi salah satu masalah baru yang terjadi bagaimana pramusaji di restoran dapat melayani pelanggan namun tidak memperbanyak kerumunan dan tetap menjaga jarak. Ketika restoran sedang ramai, seringkali melayani pemesan yang sedang memesan makanan dan melayani pengantaran pesanan makanan ke pemesan makanan secara bersamaan menjadi hal yang merepotkan. Selain merepotkan juga membuat pelayanan restoran jadi terhambat.

Menambah jumlah pramusaji untuk pelayanan yang lebih baik bukan cara yang efektif. Hal dikarenakan ramainya restoran pada umumnya saat jam makan saja. Selain itu bertambahnya banyak pelayan disaat jam-jam ramainya restoran, kerumunan dari pelanggan menjadi lebih besar, sehingga lebih sulit untuk menghindari kerumunan yang besar. Ketika pramusaji yang bekerja ekstra belum sempat istirahat karena sibuk melayani pemesan makanan, mereka tidak sempat mengurus diri, akan berkeringat dan menjadi bau badan sehingga mengganggu kenyamanan pelanggan. Selain itu memonitor dan mengontrol kinerja pramusaji dalam jumlah yang besar bukan hal yang mudah dan juga jadi kurang optimal. Dan memberi training baru untuk pramusaji-

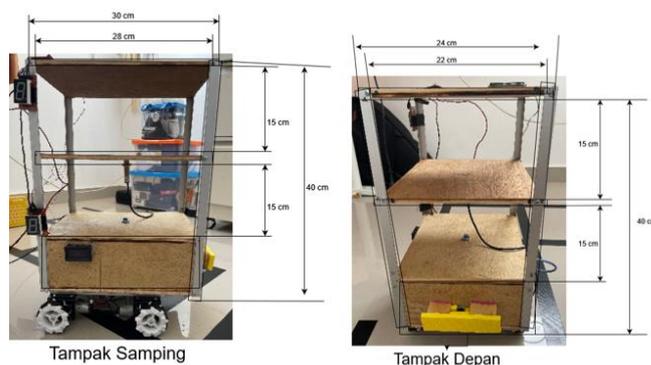
pramusaji baru akan memakan waktu sehingga jadi kurang efisien.

Solusi pengantaran makanan dengan robot pernah dilakukan sebelumnya yang diberi nama Ropadas. Ropadas (robot pramusaji cerdas) adalah robot pramusaji berbasis *line follower*. *Line follower* ini memanfaatkan fotosdioda dan LED untuk membantu robot berjalan mengikuti garis hitam yang dipasang disekitar meja makan pelanggan. Ropadas memiliki beberapa kelemahan seperti tidak dapat membaca halangan di depannya, tidak ada pesan notifikasi suara, tidak dapat mengantar makanan lebih dari 1 meja dan tidak dapat membaca apakah nampan sudah dikeluarkan atau belum.

Maka dari itu penelitian ini dikembangkan sebuah prototipe robot pramusaji dengan fitur yang lebih memadahi. Dengan prototipe robot pramusaji ini, robot dapat membaca halangan yang ada di depan, mengetahui bila terjadi *collision* dengan penghalang, mengetahui apakah nampan sudah keluar dari rak loker atau belum, memiliki *seven segment* yang menampilkan nomor meja dan dapat memberi notifikasi melalui pesan suara.

II. DESKRIPSI SISTEM

A. Rancangan Perangkat Keras Robot

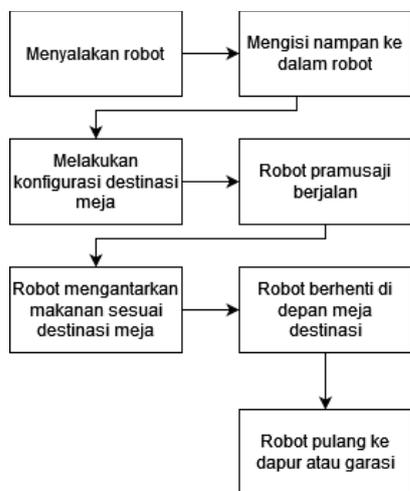


Gambar 1. Dimensi Ukuran Robot.

Prototipe robot pramusaji ini dibuat secara miniatur skala 1/2 dari ukuran troli sesungguhnya. Seperti pada gambar bahwa robot ini berbentuk seperti etalase 2 tingkat dengan total ukuran 30 x 24 x 40 cm sudah termasuk Rak penyimpanan makanannya. Dibawah etalase terdapat kotak yang digunakan untuk menyimpan berbagai rangkaian elektronik di dalamnya. Dibagian bawah kotak elektronik terdapat rangka untuk menopang badan robot.

Rangka tersebut juga digunakan untuk tempat memasangudukan motor beserta motornya. Rangka tersebut merupakan *metal frame smartcar* berbahan aluminium berukuran 230 x 160

mm yang menggunakan roda mecanum. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat robot ini menggunakan aluminium dan triplek dengan total massa robot 800gr (kondisi tanpa membawa makanan). Roda mecanum yang digunakan memiliki ukuran 65 x 30 mm..



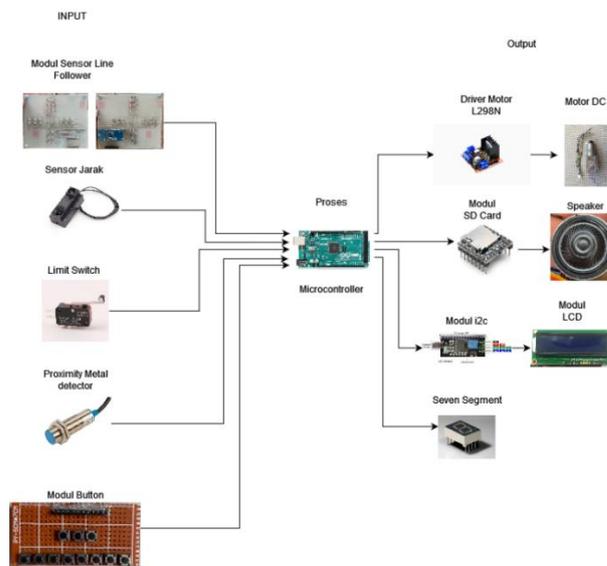
Gambar 2. Blok diagram Secara Umum Proses Kerja Robot Pramusaji.

Pada Gambar 2 dijelaskan proses alur kerja robot pramusaji saat mengoperasikan robotnya. Awalnya operator menghidupkan robotnya agar robot dapat dikonfigurasi dan dijalankan. Kemudian operator memasukkan nampan berisi makanan ke rak robot. Operator melakukan konfigurasi ke 2 destinasi meja yang akan dituju. Nomor meja akan ditampilkan melalui seven segment yang dipasang di setiap atas rak setelah destinasi perjalanan pengantaran makanan telah ditentukan.

Setelah menentukan kemana robot pergi dan menekan tombol *start*, robot akan berjalan. Dengan memanfaatkan sensor *line follower* yang menggunakan sistem photosdioda dan led, robot dapat mengikuti garis hitam. Garis hitam ini dimulai dari dapur menuju sekitar meja pelanggan. Robot akan berjalan dari dapur menuju meja pelanggan yang telah ditentukan.

Ketika robot sampai di meja pelanggan, robot akan berhenti. Dengan memanfaatkan tampilan seven segment yang menampilkan nomor meja dan memberi pesan suara hal tersebut dilakukan agar pemesan makanan tidak salah mengambil makanan. Robot akan tetap berhenti berjalan hingga nampan makanan diambil oleh pemesan makanan, sensor *proximity metal detector* akan membaca apakah nampan makanan telah dikeluarkan dari rak loker atau masih di dalam rak loker. Ketika nampan makanan dalam rak loker telah diambil oleh pemesan makanan, maka robot akan pergi ke meja pemesan makanan selanjutnya atau kembali ke dapur bila semua makanan telah selesai diantarkan.

Untuk merespon adanya halangan yang ada di depan, robot ini menggunakan sensor IR Sharp sebagai sensor jarak dan limit switch. Ketika sensor jarak mendeteksi halangan <10cm maka robot akan berhenti berjalan dan memberi pesan suara agar halangan segera disingkirkan. Ketika terjadi *collision*, maka robot akan mundur menjaga jarak dengan halangan sehingga sensor jarak dapat membaca halangan di depannya.



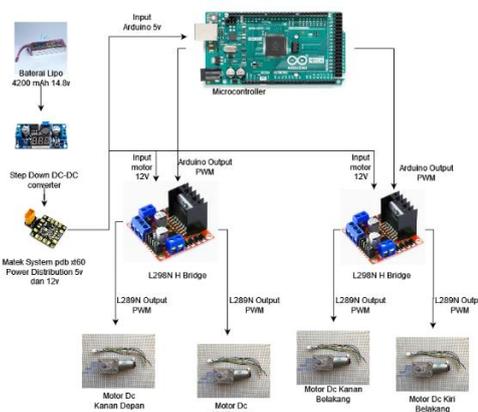
Gambar 3. Rangkaian Robot Menurut Pengelompokan Input, Proses, dan Output.

Dengan mengimplementasikan *microcontroller* dalam perancangan robot pramusaji yang terintegrasi dengan beberapa komponen sensor dan aktuator, berikut adalah cara kerja input dan robot pramusaji ini meliputi :

- Modul sensor *line follower* yang membaca garis jalur yang terpasang dari lorong dapur atau garasi robot pramusaji hingga ke sekitar meja pemesan makanan.
- Sensor jarak (IR Sharp GP2Y0A021YK0F) untuk mendeteksi adanya halangan.
- Limit switch* untuk membaca benturan.
- Proximity metal* sensor untuk mendeteksi keberadaan nampan besi di dalam rak loker.
- Modul tombol – tombol yang digunakan untuk membantu operator dalam melakukan konfigurasi robot.

Output robot pramusaji ini berupa:

- Motor yang digunakan untuk memutar roda sehingga robot dapat berjalan.
- Speaker untuk memberikan pesan suara saat adanya penghalang ataupun saat telah sampai di meja destinasi yang dituju.
- LCD 16 x 2 + modul i2c untuk menampilkan tampilan konfigurasi saat operator melakukan konfigurasi robot pramusaji.
- Seven segment* yang menampilkan nomor meja.

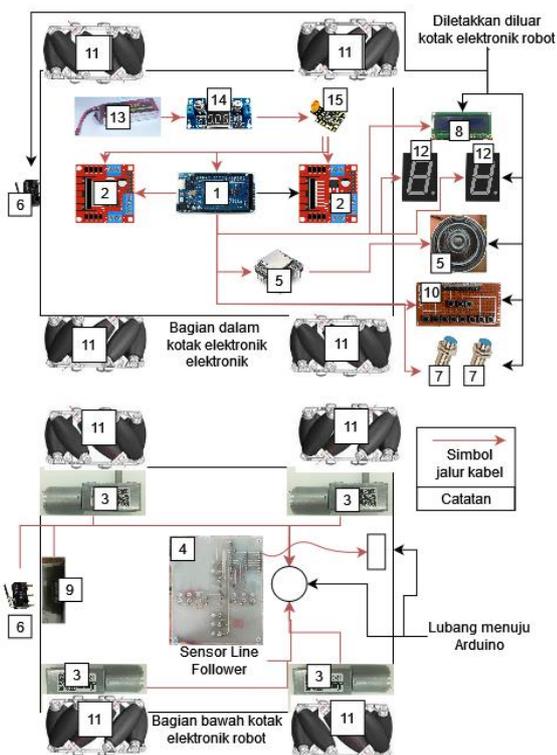


Gambar 4. Diagram Blok Sistem Penggerak Robot.

Dari lipo tegangan 14.8v diturunkan dengan *step down* menjadi 12v, kemudian masuk ke *matek system* pdb xt60. *Matek system* pdb xt60 digunakan untuk mendistribusi tegangan 12v ke driver L298N untuk memberi tegangan pada motor DC dan 5v untuk memberi tegangan pada Arduino Mega 2560. Arduino Mega memberi tegangan 5v ke driver motor L298N yang mengubah sinyal pwm 5V dari Arduino menjadi sinyal pwm 12v. Terdapat 6 pin dan 7 terminal dimana:

- Pin *Enable A* digunakan untuk mengatur kecepatan motor di *Out 1* dan *Out 2*.
- Pin *Enable B* digunakan untuk mengatur kecepatan motor di *Out 4* dan *Out 3*.
- Pin *IN 1* dan *IN 2* digunakan untuk mengatur arah putaran pada motor yang terhubung di *Out 1* dan *Out 2*.
- Pin *IN 3* dan *IN 4* digunakan untuk mengatur arah putaran pada motor yang terhubung di *Out 3* dan *Out 4*.
- *Out 1* dan *Out 2* soket untuk pasang motor sebelah kiri.
- *Out 4* dan *Out 3* soket untuk pasang motor sebelah kanan.
- Terminal 12v, Gnd, 5v untuk memberi tegangan pada motor namun dalam projek ini menggunakan yang 12v dan Gnd untuk tegangan motornya.

Sumber tegangan yang digunakan untuk menggerakkan motor serta menghidupkan semua sistem dirobot ini dengan baterai yang digunakan 4200mAh 25C 4S lipo 14,8v. Karena memiliki banyak *input* dan *output*, sehingga robot ini membutuhkan Arduino Mega yang memiliki banyak pin. Untuk penggambaran sederhana tampilan fisik internal beserta rangkaian elektroniknya dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 ini juga menjelaskan dimana setiap komponen diletakkan. Misal seperti LCD, *seven segment* dan lainnya yang diletakkan diluar robot. Motor, sensor *line follower*, dan sensor jarak yang diletakkan dibawah robot. Arduino, rangkaian distribusi power dan lain sebagainya yang diletakkan di dalam kotak elektronik robot. Untuk Tabel penempatan komponen elektronik yang masuk pin Arduino dapat dilihat pada Tabel 1. Keterangan :



Gambar 5 Penggambaran Sederhana Tampilan Fisik Peletakan Rangkaian Elektroniknya.

1. *Microcontroller*.
2. *Driver L298N*.
3. *Motor DC*.
4. Modul sensor pembaca garis.
5. *DF Player + Speaker* pemberitahuan pesan suara.
6. *Limit Switch*.
7. *Proximity Metal*.
8. LCD 16 x 2.
9. Sensor Jarak.
10. Modul tombol.
11. Roda *Omnidirectional*.
12. *Seven Segment*.
13. Lipo Baterai.
14. *DC to DC converter*.
15. *Matek System* pdb xt60.

Robot dilengkapi berbagai *input* dan berbagai *output*, terdapat berbagai sensor seperti:

1. Modul sensor pembaca garis yang diletakkan pada bagian bawah robot ditengah-tengah 4 roda. Sensor *line follower* terdiri dari 12 photodiode dan LED yang disusun menjadi bentuk plus. Kemudian 12 sensor ini dihubungkan ke modul multiplexer.
2. Sensor jarak yang diletakkan di bagian depan robot.
3. LCD dan modul tombol yang terdiri dari 12 button yang diletakkan pada bagian atas rak paling atas (terdiri dari *start, stop, reset, 1,2,3,4,5,6,7,8*)
4. Motor sebanyak 4 pcs dipasang di samping – samping robot seperti pada Gambar 5.
5. Sensor jarak, *limit switch* masing – masing 1 pcs dipasang di bagian depan robot.
6. *DF player* sebagai proses untuk pembacaan dan pemutaran rekaman pesan suara yang kemudian dibunyikan melalui speaker.
7. 1 pcs *Microcontroller*, 2 pcs *driver L298N*, dan berbagai modul rangkaian listrik lainnya disimpan di dalam kotak elektronik Robot.
8. *Seven segment* sebanyak 2 pcs diletakkan di bagian atas setiap rak seperti pada Gambar 5.
9. 2 pcs *proximity metal* dipasang dengan posisi sensor menembak keatas, dipasang dibagian bawah setiap rak loker ditengah-tengah dimana permukaannya terbuat dari triplek yang memiliki ketebalan sekitar 18mm.

Tabel 1 Data Pemasangan Sensor dan Aktuator pada Pin Arduino.

Pin	Komponen Sensor/Aktuator	Keterangan pin
D2 – D7	L298n belakang	In1, In2, In3, In4, Ena, Enb
D8 – D9, D12 – D13, D15 – D16	L298n depan	Enb, Ena, In2, In1, In3, In4
D10 – D11	Df player	Tx , Rx
D14	Proximity metal rak bawah	Signal
D17	Proximity metal rak atas	Signal
D19, D22 – D27	Seven segment rak 2	G, F, E, D, C, B, A
D20, D21	LCD	SDA, SCL
D28	Limit Switch	Signal
D31 – D37	Seven segment rak 1	G, F, E, D, C, B, A
D38 – D42	Sensor Line Follower	S3, S2, S1, S0, EN
D43 – D53	Tombol 1 – 8, Start, Stop, Reset	Signal
	Analog pin	
A1	Sensor IR Sharp	Data
A15	Sensor Line Follower	SG

Tabel 1 merupakan tabel yang menjelaskan pemasangan setiap pin Arduino dan komponen input dan outputnya. Pada

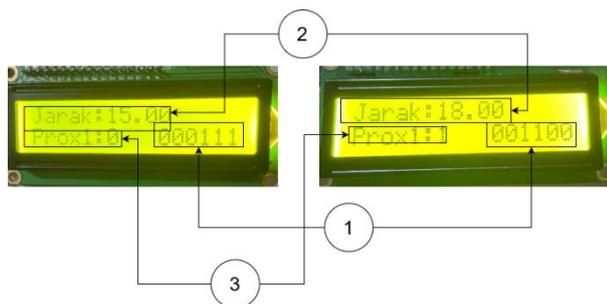
pin D2-D7 digunakan untuk memasang pin driver motor L298N In1-4, Ena dan Enb bagian motor belakang. Pemasangannya urut antara pin Arduino dengan keterangan pin. Misalnya D2-D7 dimana In1 masuk ke D2, In2 ke D3 dan seterusnya. D2 artinya Digital pin ke 2 dan A1 artinya Analog pin ke 1.

B. Rancangan Perangkat Lunak Robot

Dalam proyek ini robot diprogram dengan Arduino, bahasa pemrograman Arduino dasarnya menggunakan bahasa pemrograman C. Program ini juga digunakan untuk memprogram tampilan menu untuk mempermudah pengoperasian robot pramusaji. Untuk menampilkan fitur menu robot dilakukan dengan memanfaatkan LCD.



Gambar 6 Tampilan LCD dalam Pengoperasiannya



Tampilan LCD saat robot sedang mengantarkan makanan.

1. Tampilan pembacaan sensor Line follower horizontal.
2. Tampilan pembacaan sensor sharp.
3. Tampilan pembacaan naman dalam rak.

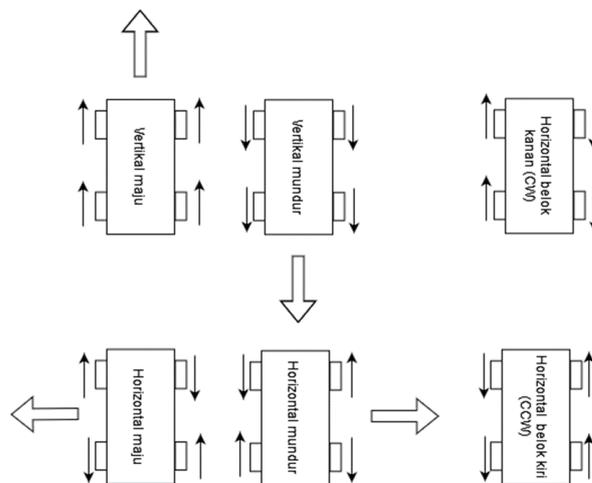
Gambar 7. Tampilan LCD saat Robot sedang Berjalan Mengantarkan Makanan

LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 yang ditambah modul i2c sehingga proses komunikasi LCD dengan Arduino dilakukan melalui SDA dan SCL. Pada Gambar 6 poin A adalah tampilan awal LCD saat pertama kali dinyalakan. Gambar 6 poin B adalah tampilan LCD saat masuk ke PID. Gambar 6 poin D adalah tampilan saat sedang mengatur destinasi nomor meja.

Karena keterbatasan ruang dalam penulisan sehingga penulisan nilai analog pembacaan sensor photodiode yang ditampilkan LCD pada Gambar 6 poin C hanya sensor bagian horizontal. Dimana nilai pembacaan nilai sensor dibawah 500 artinya kondisi sensor merespon putih. Sedangkan nilai sensor diatas 500 merupakan kondisi pembacaan sensor saat merespon warna hitam. Kalibrasi dilakukan untuk mendapat nilai maksimal dan minimal pembacaan hitam dan putih terbaru.

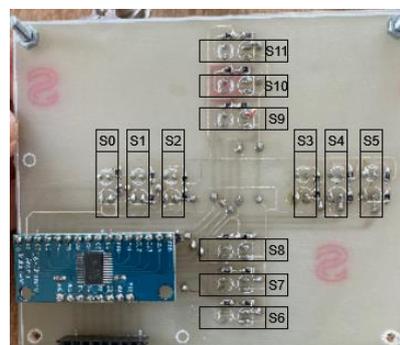
Kalibrasi dilakukan agar sensor dapat beradaptasi dengan kondisi cahaya didalam ruangan tempat robot pramusaji digunakan. Ketika mendapat nilai hitam dan putih terbaru, kemudian nilai tersebut di konversi menjadi 0 dan 1. Tampilan

nilai sensor 0 dan 1 akan ditampilkan di LCD saat robot berjalan mengantar makanan yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 8. Pergerakan Robot Berdasarkan Penamaan Dalam Program.

Karena roda yang digunakan pada robot ini adalah roda mecanum, sehingga Gerakan robot menjadi bervariasi. Pergerakan yang digunakan dalam proyek ini adalah maju, mundur, rotasi kanan, rotasi kiri, geser kanan, geser kiri. Untuk maju mundur dalam program ini gerakan dinamakan `ver_maju`, `ver_mundur`. Untuk geser kiri dan geser kanan dalam program ini gerakan tersebut dinamakan `hor_maju` dan `hor_mundur`. Untuk rotasi kanan dan rotasi kiri dalam program ini gerakan dinamakan `hor_belka` dan `hor_belki`. Untuk penggambaran pergerakan robot ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Modul Sensor Line Follower

Data sensor line follower yang didapatkan saat pembacaan jalur garis warna hitam yang dipasang di sekitar merupakan data analog. Dimana nilai tertinggi diatas 500 adalah hitam dan dibawah 500 adalah putih. Nilai hitam tertinggi dan nilai putih terendah telah di simpan ke eeprom saat melakukan kalibrasi. Nilai analog yang disimpan eeprom inilah yang menjadi tolak ukur untuk memberi kategori pembacaan putih ataupun hitam. Data analog masing-masing sensor yang telah disimpan eeprom dikonversi menjadi nilai biner. Nilai tertinggi yang dibaca sensor akan dikonversi menjadi 1 dan nilai terendah yang dibaca sensor akan dikonversi menjadi 0.

III. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

A. Pengujian Sensor Line Follower

Pengujian sensor ini dilakukan untuk mengetahui respon photodiode saat membaca garis hitam disekitar meja. Pengambilan data nilai sensor ini di dapatkan dengan

menghubungkan Arduino dan sensor *line follower* ke PC dan nilainya didapat dengan melihat pada serial monitor Arduino. Ada 2 jenis data sensor yang diambil, yakni data sensor analog saat merespon hitam dan putih, juga data sensor digital saat sensor membaca hitam dan putih. Adapun garis hitam yang digunakan adalah lakban hitam dengan lebar 45mm. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Data Pengujian Sensor *Line Follower*

Sensor Photodiode	Data Digital		Data Analog	
	Hitam	Putih	Hitam	Putih
S0	1	0	890	76
S1	1	0	888	67
S2	1	0	880	81
S3	1	0	864	83
S4	1	0	845	71
S5	1	0	830	69
S6	1	0	879	77
S7	1	0	885	88
S8	1	0	875	79
S9	1	0	869	82
S10	1	0	830	84
S11	1	0	861	89

Dari hasil pengujian pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa berdasarkan data analog perbedaan pembacaan masing-masing sensor untuk respon hitam dan putih cukup berbeda. Pada data analog pembacaan hitam, dapat kita lihat bahwa nilai masing-masing sensor memberi nilai > 700. Sedangkan pembacaan nilai putih setiap masing-masing sensor nilainya < 90. Hal ini menunjukkan perbedaan yang kontras antara hitam dan putih sehingga sensor bekerja dengan baik.

B. Pengujian Respon Motor Terhadap Sensor IR Sharp

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak efektif yang dapat dibaca sensor IR Sharp saat sensor membaca objek yang ada di depannya. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek di depan sensor dengan jarak yang sudah ditentukan menurut Tabel 3. Hasil dari pengujian sensor IR Sharp dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengujian Jangkauan Sensor IR Sharp

Jarak Objek	Pembacaan Sensor	Error	Persentase Error
6 cm	Out of Range	Out of Range	Out of Range
7 cm	Out of Range	Out of Range	Out of Range
9-30 cm	9-30 cm	0 cm	0%
31 cm	32 cm	1 cm	3%
32 cm	34 cm	2 cm	6%
35 cm	37 cm	2 cm	5.7%
40 cm	42 cm	2 cm	5%
45 cm	47 cm	2 cm	4%
50 cm	52 cm	2 cm	4%

	Rata-Rata Error	0,647059 cm	1%
--	-----------------	-------------	----

Dari hasil pengujian pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa sensor IR Sharp memiliki jangkauan pembacaan yang efektif minimal pada jarak 8 cm sampai 30cm, dimana jarak ini sudah sangat cukup untuk digunakan dalam robot ini. Diatas 30 cm – 50cm terdapat error sebesar 1-2 cm dengan persentase rata-rata error sebesar 1%.

C. Pengujian PID pada Robot *Line Follower*.

Pengujian ini dilakukan ketika sedang melakukan tuning PID secara manual, supaya robot dapat berjalan lebih stabil, lurus dan konsisten saat mengikuti lintasan garis hitam disekitar meja makan. Yang pertama kali diperhatikan adalah menentukan nilai Kp untuk mengurangi *rise time* dari sistem. Hasil eksperimen nilai Kp ini didata pada Tabel 4 dan hasil eksperimen nilai Kd dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4 Percobaan Nilai Kp

Kp	Performa
1	Overdamped
10	Overdamped
15	Overdamped
28	Overdamped
35	Overdamped
55	Overdamped
60	Overdamped
125	Critically Damped
200	Underdamped
225	Underdamped
250	Underdamped

Tabel 5 Percobaan Nilai Kd

Kd	Performa
14	Overdamped
20	Overdamped
30	Overdamped
34	Overdamped
35	Overdamped
40	Overdamped
60	Critically Damped
125	Underdamped
200	Underdamped
225	Underdamped
250	Underdamped

Berdasarkan hasil laporan pada Tabel 4, dapat dilihat dari eksperimen *tuning* nilai Kp yang dilakukan memberi pengaruh terhadap respon yang berbeda pada sistem. Saat nilai Kp 1-60 kondisi nya masih *overdamped*. Kondisi *overdamped* ini menyebabkan robot membutuhkan waktu yang lambat untuk kembali mengikuti garis lintasan. Kondisi ini membuat robot ketika berjalan miring pada lintasan menjadi sulit kembali diposisi jalan dengan lurus mengikuti garis dengan baik. Jadi kesimpulannya kondisi *overdamped* membuat performa robot menjadi tidak responsif. Pada nilai Kp 200-250 dapat dilihat bahwa kondisi ini sistem robot mengalami *underdamped*. Kondisi *underdamped* ini adalah kondisi ketika robot menjadi sangat agresif terhadap perubahan *error* yang kecil. Dimana robot menjadi seperti sistem kontrol *on* dan *off* pada lintasan

garis hitam. Dengan demikian dapat disimpulkan nilai Kp 200-250 robot menjadi terlalu responsif.

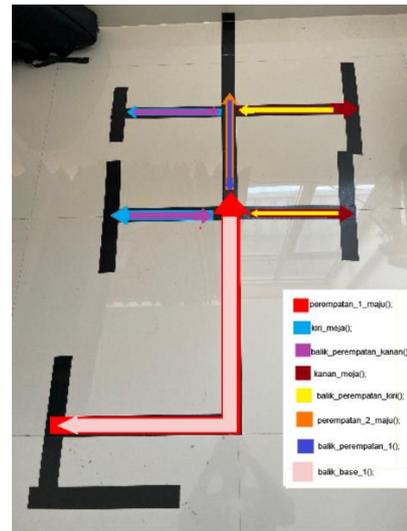
Saat Kp diberi nilai 125 dapat dilihat bahwa robot dapat mengikuti garis dengan lebih baik dibandingkan dengan nilai Kp lain. Kondisi ini merupakan kondisi *critical damped* dimana respon robot tidak terlalu lambat ataupun terlalu cepat. Setelah menemukan nilai Kp = 125 sistem masih menunjukkan terjadinya osilasi dimana pergerakan robot menjadi banyak zig-zag.

Pada Tabel 5, dapat dilihat dari eksperimen *tuning* nilai Kd yang dilakukan memberi pengaruh terhadap respon yang berbeda pada sistem. Saat nilai Kd 0-14 robot masih sulit untuk bisa berjalan lurus, robot masih banyak zig-zag pada lintasan. Hal ini membuat robot mengalami *overdamped* yang menyebabkan robot sulit berjalan dengan lurus saat mengikuti garis. Sedangkan nilai Kd antara 125-250, dapat dilihat perjalanan robot menjadi lebih lurus, namun respon robot menjadi menurun dimana ketika bersimpangan robot tetap berjalan lurus dan terlambat merespon adanya persimpangan sehingga robot terus menerus berjalan lurus keluar jalur, kondisi ini adalah kondisi performa robot mengalami *underdamped*.

Sedangkan ketika nilai Kd = 60, robot dapat berjalan lebih lurus dibandingkan nilai Kd sebelumnya dan respon robot terhadap lintasan tetap baik dimana kondisi ini merupakan kondisi *critical damped* dari Kd. Setelah melakukan *tuning* terhadap nilai Kp dan Ki tidak menunjukkan adanya steady state error, sehingga penggunaan parameter proporsional dan derivative saja sudah cukup untuk sistem kontrol yang digunakan untuk robot ini. Hal ini juga dikarenakan kecepatan motor yang sangat lambat sehingga tidak terlihat banyak intervensi yang mendadak dari kondisi sekitar robot sehingga robot tidak membutuhkan sistem yang terlalu kompleks.

D. Pengujian Pergerakan Robot pada Setiap Persimpangan Lintasan Arena.

Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa baik robot dapat berjalan mengikuti setiap lintasan garis hitam. Penamaan fungsi setiap persimpangan dalam program dapat dilihat pada Gambar 10. Untuk melakukan pengujian ini, pertama letakkan robot di garasi / di dapur dengan bagian depan/wajah robot menghadap ke depan kearah lintasan garis hitam menuju meja. Hasil pengujian pergerakan robot dapat dilihat dari Tabel 6. Pengambilan data ini dilakukan dari 20 kali percobaan yang kemudian disimpulkan dalam Tabel 6 ini. Tabel yang diambil adalah Tabel perjalanan untuk destinasi meja 1 dan 2.



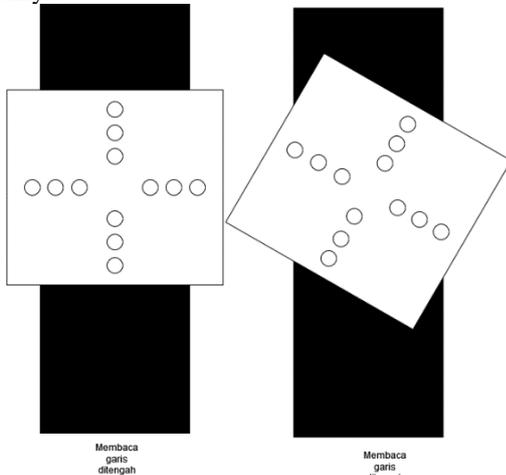
Gambar 10. Ilustrasi Program Fungsi Persimpangan Arena Pengujian Sensor Line Follower

Tabel 6 Data Persimpangan meja 1 dan 2

Tipe Persimpangan	Tingkat keberhasilan robot ketika berhasil jalan lurus	Kemiringan ketika robot jalan tidak lurus terhadap garis hitam	Arah Kemiringan	Keterangan Kegagalan
Perempatan 1	60%	10°	kanan	Start miring
Kiri Meja	50%	45°	kanan	Perempatan 1 miring
Balik Perempatan kanan	90%	10°	kiri	Kiri meja miring
Kanan meja	95%	10°	kiri	Balik Perempatan kanan miring.
Balik Perempatan kiri	90%	5°	kanan	Kanan meja miring
Balik Base	40%	45°	kanan	Balik Perempatan kiri miring

Dari hasil Tabel dapat kita lihat bahwa robot masih sering berjalan miring dimana persentase terendah robot berhasil berjalan lurus adalah 40%. Bila dibaca dari keterangan kegagalan yang terjadi, kegagalan robot untuk berjalan lurus berawal ketika robot berjalan di perempatan 1. Ketika robot gagal berjalan lurus di perempatan 1 maka perjalanan selanjutnya akan terus miring. Hal ini disebabkan karena kesalahan desain sensor yang diilustrasikan pada Gambar 11 dimana ketika posisi sensor miring, robot masih membaca bahwa posisinya sedang ditengah. Robot tetap dapat merespon

bisa sensor keluar garis dengan mengubah arah putaran motor untuk bergeser kanan atau kiri agar kembali masuk dalam garis. Namun kesalahan dari desain sensor *line follower* yang disusun bentuk plus dan dipasang ditengah – tengah robot membuat robot terkadang menjadi sulit untuk masuk kembali kedalam garis ketika robot bergeser kanan kiri atau depan belakang untuk menjaga posisi ditengah. Disarankan untuk membuat desain sensor line follower dipasang di sisi pinggir robot di samping dan didepan robot untuk membaca garis vertikal dan horizontalnya.



Gambar 11. Ilustrasi Kesalahan Sensor Membaca Posisi Tengah.

IV. KESIMPULAN

Dari seluruh perencanaan, implementasi, dan pengujian dari prototipe robot pramusaji ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Robot tetap dapat merespon sensor keluar garis dengan mengubah arah putaran motor untuk bergeser kanan atau kiri agar kembali masuk dalam garis. Namun robot kesulitan untuk berjalan lurus ketika dari awal sudah miring. Ketika dalam perjalanan dari dapur menuju persimpangan pertama, bila dari awal peletakan robotnya sudah miring, maka perjalanan kepersimpangan selanjutnya akan terus miring. Hal ini karena kesalahan desain sensor yang berbentuk plus dan diletakkan ditengah robot, membuat robot baru menyadari posisinya sudah terlalu miring ketika sensor 0 dan 5 (ujung kanan dan kiri sensor) membaca hitam, dimana posisi tersebut terjadi saat kemiringan robot telah mencapai 45°. Keberhasilan robot untuk konsisten berjalan lurus sangat ditentukan dari miring tidaknya perjalanan dari persimpangan sebelumnya. Disarankan untuk robot *line follower* yang menggunakan roda mecanum untuk membuat desain sensor *line follower* dipasang di sisi pinggir robot di samping dan didepan robot untuk membaca garis vertikal dan horizontalnya.
- b. Sensor *line follower* yang digunakan pada robot ini memiliki nilai analog >700 ketika membaca hitam dan < 100 ketika membaca putih. Desain dan pemasangan sensor *line follower* untuk robot ini sebaiknya di bagian sisi pinggir robot, bukan ditengah. Hal supaya pembacaan garis menjadi lebih efektif dan pergerakan robot lebih baik. Dengan menggunakan desain sensor yang sekarang digunakan dan peletakkan posisi ditengah, membuat robot tidak dapat mendeteksi dengan baik apakah robot berjalan lurus atau miring. Selain itu pergerakan robot menjadi lebih buruk karena ketika robot berjalan keluar garis atau berjalan miring, robot kesulitan untuk masuk dalam garis atau memposisikan berjalan normal lurus kembali.

- c. Konfigurasi dari sensor IR Sharp untuk mendeteksi halangan yang ada di depan robot dalam jangkauan efektif 8-30cm dengan akurasi 100%. Namun terdapat error pembacaan sebesar 1-2cm saat membaca halangan yang jaraknya diatas 30cm. Karena jarak minimal pembacaan sensor adalah 8cm, solusi untuk merespon halangan yang muncul secara mendadak, dengan limit switch yang digunakan untuk mendeteksi bila robot menabrak halangan di depannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Foedjiawati, H.S. (2005). Pengaruh Kepuasan Konsumen Terhadap Kesetiaan Merek (Studi Kasus Restoran The Prime Steak & Ribs Surabaya). *Jurnal Manajemen & Kewirausahaan*, 7, 75. DOI: <https://doi.org/10.9744/jmk.7.1.pp.%2074-82>
- [2] Listina, O., Solikhati, D. I. K., Fatmah, I. S. (2020). Edukasi Corona Virus Desease 19 (Covid-19) Melalui Penyebaran Poster Kepada Masyarakat Kecamatan Slawi Kabupaten Tegal. *JABI: Jurnal Abdimas Bhakti Indonesia*, 1, 1-2 DOI: <https://doi.org/10.9744/jmk.7.1.pp.%2074-82>
- [3] Merdeka. (2016). Ropadas, robot pramusaji cerdas mahasiswa UGM pertama di Indonesia. <https://m.merdeka.com/pendidikan/ropadas-robot-pramusaji-cerdas-mahasiswa-ugm-pertama-di-indonesia.html>.
- [4] Wikumala, A.P. (2022, March 24). Pengaruh kualitas makanan, kualitas layanan, kualitas lingkungan fisik, dan protokol kesehatan COVID-19 terhadap kepuasan pelanggan di KFC St Mark Lippo Village selama masa pandemi (Doctoral dissertation, Universitas Pelita Harapan). Retrieved from <http://repository.uph.edu/id/eprint/24405>