

RANCANG BANGUN ROBOT LINE FOLLOWER PEMINDAH OBJEK WARNA

Pandu Dewantoro¹, Indra Riyanto²

1. Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
pandudewa641@gmail.com
2. Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
Indra.riyanto@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini telah dirancang robot line follower pemindah objek warna. Robot line follower yang dibuat dapat mengikuti jalur berupa garis hitam. Sistem ini menggunakan arduino mega 2560 sebagai kontroler, sensor garis sebagai pendeteksi garis hitam pada lintasan, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak box dengan robot dengan jarak 5cm, serta sensor warna sebagai pendeteksi warna merah, hijau, dan biru yang terdapat pada box, dan motor dc sebagai penggerak roda kanan, roda kiri, dan katrol pada robot. Misi yang diberikan kepada robot adalah untuk menemukan warna yang diinginkan dan memindahkannya ke tempat yang sudah disediakan. Untuk itu diperlukan kontrol yang bisa mengendalikan robot dalam melakukan gerakan di area datar dengan garis hitam sehingga robot bisa mengikuti garis hitam dengan baik. Secara garis besar, pembuatan Robot Line Follower berdasarkan warna yang dirancang menggunakan beberapa komponen yang terdiri dari Sensor (RGB), Sensor Ultrasonik, Sensor Garis, Motor DC, dan Arduino. Prinsip kerja pada robot yaitu berjalan mengikuti garis hitam pada arena untuk mencari box warna merah, hijau, dan biru pada posisi 1, 2, dan 3, lalu memindahkan box yang ditemukan ke tempat yang sudah disediakan. Dalam pengujian yang telah dilakukan robot dapat mendeteksi box warna merah, hijau, dan biru pada posisi 1, 2, dan 3 lalu memindahkannya ke tempat yang sudah disediakan.

Kata kunci : Robot line follower, sensor garis, sensor ultrasonik, sensor warna, Arduino.

ABSTRACT

In this final project line follower robot is designed to move color objects. Line follower robot that is made can follow the path with a black line color. This system uses Arduino Mega 2560 as a controller, line sensor as a black line detector on a track, ultrasonic sensor as a distance detection box with a robot with a distance of 5cm, and a color sensor as a red, green and blue color detector contained in the box, and a DC motor as Right wheel drive, left wheel, and pulley on the robot. The mission given to the robot is to find the desired color and move it to the place already provided. For this reason, we need controls that can control the robot in making movements in a flat area with a black line so that the robot can follow the black line well. Broadly speaking, the manufacture of color-based Robot Line Follower is designed using several components consisting of Sensors (RGB), Ultrasonic Sensors, Line Sensors, DC Motors, and Arduino. The working principle of the robot is to walk along the black lines in the arena to find the red, green and blue boxes in positions 1, 2 and 3, then move the found boxes to the space provided. In the tests that have been done, the robot can detect the red, green and blue boxes in positions 1, 2 and 3 and then move them to the space provided.

Keywords : Line follower robot, line sensor, color sensor, ultrasonic sensor, Arduino.

I. PENDAHULUAN

Dunia robotika di Indonesia sudah mengalami perkembangan yang sangat pesat diadakan oleh Kemenristek DIKTI, sekolah-sekolah ataupun perguruan tinggi negeri maupun swasta. Dengan adanya berbagai kompetisi ini membuat penelitian dibidang Robotika juga semakin banyak. Perlombaan yang sering diadakan adalah robot pengikut garis (robot line follower), robot ini dirancang agar bisa mengikuti lintasan yang telah dibuat.

Pada jurnal yang ditulis oleh Koko Joni, Miftachul Ulum, Zainal Abidin 2016. Robot Line Follower berbasis kendali Proportional IntegralDerivative (PID) untuk lintasan dengan sudut ekstrim. Robot Line Follower adalah ProportionalIntegral-Derivative (PID), dengan dibahas tentang penggunaan PID untuk

menghasilkan cara memperbaiki nilai error dari feedback hingga menjadi nol, kondisi set point akan tercapai dari perpaduan nilai PID yang tepat [1].

Pada jurnal yang ditulis oleh Andrian, Yuhdi 2015. Robot Sortir Berbasis Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200. Lengan robot yang dapat mengurutkan objek berdasarkan warna telah dirancang. Sensor warna yang telah digunakan adalah TCS3200 yang dapat mengenali warna RGB suatu objek. Objek yang akan disortir dipindahkan dengan conveyor ke ruang baca objek warna. Ketika sensor inframerah mengenai objek, konveyor akan berhenti, sehingga posisi objek tepat di bawah sensor warna maka sensor warna membaca warna objek [2].

Pada jurnal Amad Sharu Romadhon, Muhammad Fuad 2013. Perancangan Sistem Kontrol Gerakan Pada Robot Line Tracer. Perancangan gerakan pada

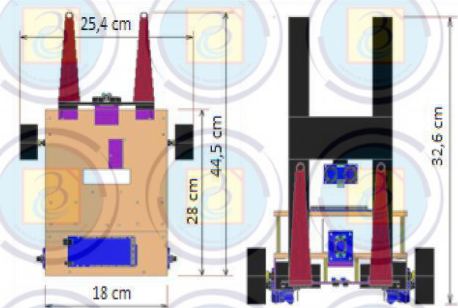
robot line tracer merupakan suatu sistem yang dapat mengontrol gerakan robot sehingga robot dapat bergerak dengan baik. Untuk itu dibutuhkan kontrol PID yang dapat mengontrol robot line tracer dalam melakukan gerakan pada bidang datar berwarna putih dengan garis berwarna hitam dalam lingkungan statis, sehingga robot dapat mengikuti garis hitam tersebut dengan baik [3].

Berdasarkan penelitian tersebut tugas akhir ini akan membahas rancangan bangun robot *line follower* pemindah objek warna,, untuk dapat memindahkan objek berdasarkan warna untuk diletakkan di tempat yang telah disediakan.

II. RANCANGAN SISTEM

A. Perancang Mekanik Robot

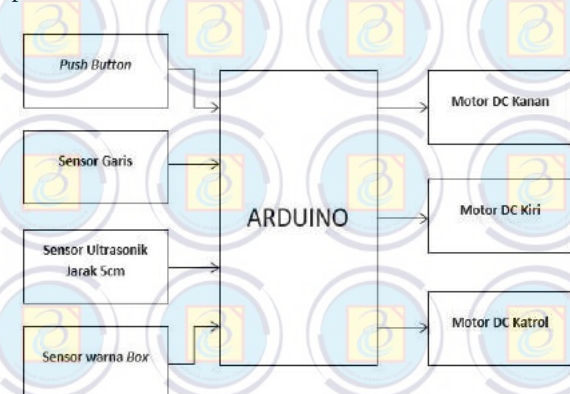
Mekanik yang dirancang akan berbentuk menyerupai aslinya menggunakan 4 roda dan 3 motor, tiga motor berfungsi sebagai penggerak robot dan katrol. 2 Motor diposisikan pada bagian depan robot lalu bagian belakang menggunakan roda omni agar bisa bergerak secara *mobile* dan 1 motor lagi digunakan sebagai katrol. Robot memiliki ukuran panjang 445mm x lebar 180mm dan tinggi 302mm. Perancangan mekanik robot bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan Mekanik Robot

B. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem implementasi algoritma memindahkan barang pada robot forklift ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

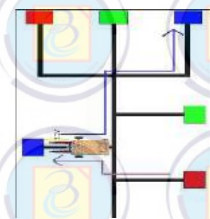
C. Prinsip Kerja Sistem

Program diawali dengan start, yang berarti bahwa rangkaian robot telah diaktifkan. Selanjutnya Motor DC 1 dan 2 akan bergerak dan mendeteksi arah jalur garis dengan sensor. Setelah robot menemukan objek warna yang sesuai maka sensor warna akan bekerja dengan cara mendeteksi warna. Kemudian Motor DC 3 akan bekerja sebagai pengangkat objek. Jika objek telah dibawa oleh robot, maka robot akan berjalan dan mendeteksi arah jalur garis dengan sensor, apabila robot tidak berhasil mendeteksi arah jalur garis maka robot akan terus mendeteksi sampai arah jalur garis yang benar. Setelah robot menemukan arah jalur garis yang benar maka robot akan mendeteksi warna box yang telah ditentukan dengan data analog yang diperoleh oleh sensor TCS3200 dan meletakkan objek pada wadah yang disediakan berdasarkan warna yang telah ditentukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mencari box warna merah, hijau, dan biru pada posisi 1, 2, dan 3. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 2, yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 2

Ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 2 berada di posisi kiri. Robot akan berjalan ketika *push button* dengan warna biru ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kiri, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna biru di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna biru maka robot akan berbelok kanan. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan box berwarna biru. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna biru di posisi 2, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna biru di posisi 2

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	330 cm	62,72 s
2	330 cm	61,85 s
3	330 cm	62,42 s

Pada pengujian 1 robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 2 didapatkan kecepatan rata-rata ketika berjalan normal, yaitu :

$$kecepatan (v) = \frac{jarak (s)}{waktu (t)} \quad (1)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke- 1, untuk jarak 285 cm ditempuh dalam waktu 64,14 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$kecepatan = \frac{330 \text{ cm}}{62,72 \text{ s}} = 5,31 \text{ cm/s} \quad (2)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 285 cm yang ada pada Tabel 1. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi B2

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	330 cm	62,72 s	5,26 cm/s
2	330 cm	61,85 s	5,33 cm/s
3	330 cm	62,42 s	5,28 cm/s

Dari data pada tabel 2, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{5,26+5,33+5,28}{3} = 5,29 \text{ cm/s} \quad (3)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 5,29 cm. Robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 1, yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 2

Ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 1 berada di posisi kanan. Robot akan berjalan ketika push button dengan warna hijau ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kanan, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna hijau di depannya, lalu motor kontrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna hijau maka robot akan berjalan lurus. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor kontrol akan aktif kembali untuk meletakkan box berwarna hijau.

Tabel 3. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna hijau di posisi 1

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	240 cm	49,55 s
2	240 cm	46,69 s
3	240 cm	47,87 s

Pada pengujian 2 robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 1 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$kecepatan (v) = \frac{jarak (s)}{waktu (t)} \quad (4)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 240 cm ditempuh dalam waktu 49,55 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$kecepatan = \frac{330 \text{ cm}}{62,72 \text{ s}} = 5,31 \text{ cm/s} \quad (5)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 240 cm yang ada pada Tabel 3. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi H1

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	240 cm	49,55 s	4,84 cm/s
2	240 cm	46,69 s	5,14 cm/s
3	240 cm	47,87 s	5,01 cm/s

Dari data pada Tabel 4, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{4,84+5,14+5,01}{3} = 4,99 \text{ cm/s} \quad (6)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 4,99 cm. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 3, yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi

Pada kondisi ini adalah ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 3 berada di posisi kanan. Robot akan berjalan ketika *push botton* dengan warna biru ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kanan, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna biru di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna biru maka robot akan berbelok kanan. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif untuk meletakkan box berwarna biru..

Tabel 5. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna biru di posisi 3

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	375 cm	73,01 s
2	375 cm	73,85 s
3	375 cm	72,68 s

Pada pengujian 1 robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 3 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (7)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 375 cm ditempuh dalam waktu 73,01 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{375 \text{ cm}}{73,01 \text{ s}} = 5,13 \text{ cm/s} \quad (8)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 375 cm yang ada pada tabel 5. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 6.

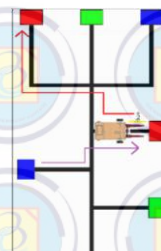
Tabel 6. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi B3

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	375 cm	73,01 s	5,13 cm/s
2	375 cm	73,85 s	5,07 cm/s
3	375 cm	72,68 s	5,15 cm/s

Dari data pada Tabel 6, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{5,13+5,07+5,15}{3} = 5,11 \text{ cm/s} \quad (9)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 5,11 cm. Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 3, yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 3

Pada kondisi ini adalah ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 3 berada di posisi kanan. Robot akan berjalan ketika *push botton* dengan warna merah ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kanan, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna merah di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna merah maka robot akan berbelok kiri. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan,

kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan *box* berwarna merah

Tabel 7. Hasil pengujian robot mendeteksi *box* warna merah di posisi 3

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	375 cm	71,82 s
2	375 cm	71,23 s
3	375 cm	72,34 s

Pada pengujian 1 robot mendeteksi *box* berwarna merah di posisi 3 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (10)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 375 cm ditempuh dalam waktu 71,82 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{375 \text{ cm}}{71,82 \text{ s}} = 5,22 \text{ cm/s} \quad (11)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 375 cm yang ada pada Tabel 7. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi M3

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	375 cm	71,82 s	5,22 cm/s
2	375 cm	71,23 s	5,26 cm/s
3	375 cm	72,34 s	5,18 cm/s

Dari data pada Tabel 8, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{5,22+5,26+5,18}{3} = 5,22 \text{ cm/s} \quad (12)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 5,22 cm. Robot mendeteksi *box* berwarna hijau di posisi 2, yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Robot mendeteksi *box* berwarna hijau di posisi 2

Pada kondisi ini adalah ketika robot berada di posisi awal, dimana *box* pada posisi kedua berada di posisi kiri. Robot akan berjalan ketika *push button* dengan warna hijau ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kiri, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan *box*. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna hijau di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat *box*. Setelah *box* terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana *box* harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan *box*, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena *box* yang dibawa berwarna hijau maka robot akan berjalan lurus. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan *box* berwarna hijau. Hasil pengujian robot mendeteksi *box* berwarna hijau di posisi 2 ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian robot mendeteksi *box* warna hijau di posisi 2

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	285 cm	59,37 s
2	285 cm	57,47 s
3	285 cm	58,25 s

Pada pengujian 1 robot mendeteksi *box* berwarna hijau di posisi 2 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (13)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 285 cm ditempuh dalam waktu 59,37 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{285 \text{ cm}}{59,37 \text{ s}} = 4,79 \text{ cm/s} \quad (14)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 285 cm yang ada pada tabel 9. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 10.

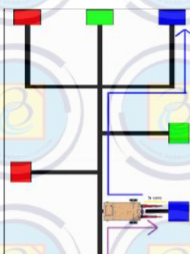
Tabel 10. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi H2

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	285 cm	59,37 s	4,80 <i>cm/s</i>
2	285 cm	57,47 s	4,95 <i>cm/s</i>
3	285 cm	58,25 s	4,89 <i>cm/s</i>

Dari data pada Tabel 10, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{4,80+4,95+4,89}{3} = 4,88 \text{ cm/s} \quad (15)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 4,88 cm. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 1, yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 1

Ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 1 berada di posisi kanan. Robot akan berjalan ketika *push botton* dengan warna biru ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kanan, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna biru di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna biru maka robot akan berbelok kanan. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan box berwarna biru. Hasil pengujian robot mendeteksi box berwarna biru posisi 1, ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna biru di posisi 1

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	285cm	53,65 s
2	285cm	54,70 s
3	285cm	54,92 s

Pada pengujian1 robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 1 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (16)$$

Keterangan :

v = kecepatan (*cm/s*)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 285 cm ditempuh dalam waktu 53,65s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{285 \text{ cm}}{53,65 \text{ s}} = 5,31 \text{ cm/s} \quad (17)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 285 cm yang ada pada Tabel 11. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 12.

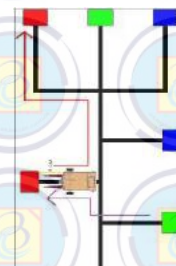
Tabel 12. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi B1

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	285cm	53,65 s	5,31 <i>cm/s</i>
2	285cm	54,70 s	5,21 <i>cm/s</i>
3	285cm	54,92 s	5,18 <i>cm/s</i>

Dari data pada Tabel 12, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{5,31+5,21+5,18}{3} = 5,23 \text{ cm/s} \quad (18)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 5,23 cm. Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 2, yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 2

Pada kondisi ini adalah ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 2 berada di posisi kiri. Robot akan berjalan ketika *push botton* dengan warna merah ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis

lintasan kemudian belok ke kiri, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna merah di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna merah maka robot akan berbelok kiri. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan box berwarna merah

Tabel 13. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna merah di posisi 2

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	330 cm	64,14 s
2	330 cm	62,73 s
3	330 cm	63,86 s

Pada pengujian 1 robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 2 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (19)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 330 cm ditempuh dalam waktu 64,14 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{330 \text{ cm}}{64,14 \text{ s}} = 5,31 \text{ cm/s} \quad (20)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 330 cm yang ada pada tabel 13. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi M2 ditunjukkan pada Tabel 14.

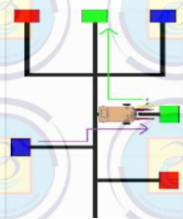
Tabel 14. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi M2

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	330 cm	64,14 s	5,14 cm/s
2	330 cm	62,73 s	5,26 cm/s
3	330 cm	63,86 s	5,16 cm/s

Dari data pada Tabel 14, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{5,14+5,26+5,16}{3} = 5,18 \text{ cm/s} \quad (21)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 5,18 cm. Robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 3, yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 3

Pada kondisi ini adalah ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi ketiga berada di posisi kanan. Robot akan berjalan ketika push button dengan warna hijau ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kanan, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna hijau di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna hijau maka robot akan berjalan lurus. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan box berwarna hijau

Tabel 15. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna hijau di posisi 3

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	330 cm	72,15 s
2	330 cm	73,92 s
3	330 cm	72,58 s

Pada pengujian 1 robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 3 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (22)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 330 cm ditempuh dalam waktu 72,15 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{330 \text{ cm}}{72,15 \text{ s}} = 4,57 \text{ cm/s} \quad (23)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 330 cm yang ada pada tabel 15. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi H3

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	330 cm	72,15 s	4,57 cm/s
2	330 cm	73,92 s	4,46 cm/s
3	330 cm	72,58 s	4,54 cm/s

Dari data pada Tabel 16, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{4,57+4,46+4,54}{3} = 4,52 \text{ cm/s} \quad (24)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 4,52 cm. Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi, yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 1

Ketika robot berada di posisi awal, dimana box pada posisi 1 berada di posisi kanan. Robot akan berjalan ketika *push botton* dengan warna merah ditekan, lalu berjalan mendeteksi garis lintasan kemudian belok ke kanan, kemudian sensor jarak akan aktif mengukur jarak antara robot dengan box. Pada jarak 5cm robot akan berhenti, setelah robot berhenti sensor warna akan mendeteksi objek berwarna merah di depannya, lalu motor katrol akan aktif untuk mengangkat box. Setelah box terangkat robot akan mundur mengikuti garis lintasan, kemudian robot akan berjalan kembali mengikuti garis lintasan menuju tempat dimana box harus diletakkan. Pada saat robot menuju tempat untuk meletakkan box, robot akan melewati garis yang mempunyai cabang 3, karena box yang dibawa berwarna merah maka robot akan berbelok kiri. Robot akan berhenti saat sensor garis mendeteksi tidak adanya garis lintasan, kemudian motor katrol akan aktif kembali untuk meletakkan box berwarna merah. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna merah di posisi 1 ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil pengujian robot mendeteksi box warna merah di posisi 1

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh
1	285cm	55,48 s
2	285cm	53,75 s
3	285cm	54,39 s

Pada pengujian 3 robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 1 didapatkan kecepatan rata-rata, yaitu :

$$\text{kecepatan } (v) = \frac{\text{jarak } (s)}{\text{waktu } (t)} \quad (25)$$

Keterangan :

v = kecepatan (cm/s)

s = jarak (cm)

t = waktu (s)

Dari data pada pengujian ke-1, untuk jarak 285 cm ditempuh dalam waktu 55,48 s, sehingga kecepatan robot adalah :

$$\text{kecepatan} = \frac{285 \text{ cm}}{55,48 \text{ s}} = 5,13 \text{ cm/s} \quad (26)$$

Dengan mengacu pada contoh perhitungan pengujian 1 untuk jarak 285 cm yang ada pada tabel 17. dapat dilakukan perhitungan kecepatan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil perhitungan kecepatan mendeteksi M1

Pengujian	Jarak tempuh	Waktu tempuh	Kecepatan
1	285cm	55,48 s	5,13 cm/s
2	285cm	53,75 s	5,30 cm/s
3	285cm	54,39 s	5,23 cm/s

Dari data pada Tabel 18, dapat dihitung kecepatan rata-rata sebagai berikut :

$$\Delta v = \frac{5,13+5,30+5,23}{3} = 5,22 \text{ cm/s} \quad (27)$$

Jadi, kecepatan rata-rata robot setiap waktu 1 detik robot dapat menempuh jarak 5,22 cm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan yang sudah dilakukan robot dapat mendeteksi box warna merah, hijau, dan biru pada posisi 1, 2, dan 3. Pembacaan sensor warna dalam mendeteksi box warna merah, hijau, dan biru, memiliki *range* nilai untuk warna merah (R=47-89, G=0-30, B=0-37), hijau (R=27-57, G=0-34, B=39-79), dan biru (R=72-129, G=0-56, B=89-146). Sensor garis dapat mendeteksi garis hitam pada jarak 1 sampai 3 cm dengan tegangan output 4,73 V. Pembacaan dari sensor jarak memiliki kesalahan minimum 0,06% untuk jarak 5 cm dan kesalahan maximum 0,53% untuk jarak 30 cm,

perbedaan nilai kesalahan yang terjadi dikarenakan perbedaan posisi *box* pada saat mengukur.

REFERENSI

- [1] K. Joni, M. Ulum, and Z. Abidin, "Robot Line Follower Berbasis Kendali Proportional- Integral-Derivative (PID) Untuk Lintasan Dengan Sudut Ekstrim," vol. 8, no. 2, pp. 138–142, 2016.
- [2] M. Sensor, W. Tcs, J. K. L. Yos, S. Km, and N. Medan, "Robot Penyortir Benda Berdasarkan Warna," *SISFOTENIKA*, vol. 3, no. 2, pp. 144–150, 2015.
- [3] A. S. Romadhon, M. Fuad, and R. L. Tracer, "PERANCANGAN SISTEM KONTROL GERAKAN," *Ilm. Mikrotek*, vol. 1, no. 1, pp. 53–58, 2013.