

Robot Forklift Line Follower dengan Kendali PID dan Sensor Warna

Indra Riyanto^{#**1}, Lestari Margatama^{*2}, Reky Rizkia Ermana Marantika^{#3}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur, Jakarta Selatan, Indonesia

^{*}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

¹indra.riyanto@budiluhur.ac.id, ²lestari.magratama@budiluhur.ac.id,
³rekirizkia52@gmail.com,

Article information

Accepted : 18/07/2021

Revised : 24/07/2021

Approved : 29/07/2021

Abstract -- This paper discusses position control design for line follower robot using Arduino Mega 2560 as a controller, line sensor as a black line detector on the track, ultrasonic sensor as a detector of distance between the box and the robot with a distance of 5 cm, and color sensors as red, green and blue color detectors contained in the box, and the dc motor as driving the right wheel, left wheel and pulley on the robot. When the robot runs, there is minimal error, and especially the position control that is suitable for always walking on the black line or being in position 0. The working principle of the robot is to walk following the black line in the arena to look for red, green and blue boxes in room 1,2 and 3, then move the box found to the place provided. PID control is used to maintain the robot's position so that it can follow the guide line while staying in the center of the robot. From the tuning results, the constant parameters (K_p , K_i , and K_d) with values (100, 0.1) are obtained to get the most stable robot position control response during the robot movement towards the target object of the specified color.

Keywords: line follower robot, line sensor, PID control, Arduino Mega 2560.

Abstrak – Penelitian ini membahas perancangan kendali posisi robot *line follower* dengan 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. Saat robot berjalan minim error, dan terlebih kontrol posisi yang cocok untuk selalu berjalan di garis hitam atau berada di posisi 0. Prinsip kerja pada robot yaitu berjalan mengikuti garis hitam pada arena untuk mencari box warna merah, hijau dan biru pada room 1,2 dan 3, lalu memindahkan box yang ditemukan ke tempat yang sudah disediakan. Kendali PID digunakan untuk mempertahankan posisi robot agar dapat mengikuti garis pemandu tetap berada di tengah robot. Dari hasil *tuning*, didapatkan parameter konstanta (K_p , K_i , dan K_d) dengan nilai (100, 0, 1) untuk mendapatkan respon kontrol posisi robot yang paling stabil selama robot tersebut bergerak menuju target objek warna yang ditentukan.

Kata Kunci : robot line follower, sensor garis, kendali PID, Arduino Mega 2560

** Correspondence Author : Mobil Phone:
email address: indra.riyanto@budiluhur.ac.id

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang merupakan suatu hal yang sudah merambah ke segala bidang. Salah satu teknologi yang berkembang pesat saat ini adalah teknologi robotik. Penggunaan robotika untuk mengambil barang dilakukan untuk memudahkan pekerjaan. Ada beberapa jenis robot saat ini seperti robot beroda, robot berkaki, dan robot humanoid, robot tersebut dikendalikan secara manual dan otomatis. Robot manual adalah robot yang pengoperasiannya dikendalikan oleh manusia seperti dengan menggunakan remote control. Robot otomatis adalah robot yang bergerak otomatis seperti perintah yang telah diatur sehingga robot ini tidak memerlukan campur tangan manusia dalam pengoperasiannya.

Hendri dan Firdaus membahas tentang perubahan pergerakan mobile robot *line follower* menjadi lebih halus tanpa menimbulkan pergerakan yang kaku, maka pengaturan kecepatan *mobile robot line follower* dapat dilakukan dengan menggunakan sistem kendali PID (*Proportional Integral Derivative*). Sistem kendali PID digunakan untuk mengoreksi *error* dari pengukuran variabel *input* (sensor) agar *output* sistem sesuai dengan nilai *set point* untuk menghasilkan *error* yang sekecil mungkin. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, didapatkan nilai parameter kontrol PID yang terbaik dengan nilai $K_p=9$, $K_d=3$ dan $K_i=1$, dimana nilai tersebut mampu merespon posisi *mobile robot line follower* agar selalu mendekati nilai *set point* dan memiliki waktu yang tercepat mencapai *finish* dengan waktu 6930 ms [1]. Aripin dkk membahas sistem kendali PID pada robot *line follower* untuk menelusuri tiga jenis lintasan dengan sudut yang ekstrim. Robot ini menggunakan 8 buah sensor dengan asumsi 1 atau 2 sensor menyentuh garis lintasan dengan tebal 2 cm. Pada percobaan max. speed PWM 100 didapat tuning PID terbaik yaitu $K_p = 3$, $K_i = 3$ dan $K_d = 0$, menghasilkan waktu mencapai *finish* untuk lapangan A, B dan C masing-masing sebesar 3,59 s, 3,10 s dan 3,69 s. Sedangkan untuk max. speed PWM 255 didapat tuning PID terbaik yaitu $K_p = 5$, $K_i = 5$ dan $K_d = 5$, menghasilkan waktu mencapai *finish* untuk lapangan A, B dan C masing-masing sebesar 2,67 s, 2,46 s dan 2,78 s. Kecepatan maksimum sangat berpengaruh terhadap hasil tuning PID untuk

lintasan ekstrim, hal ini dikarenakan ketika kecepatan tinggi membutuhkan sistem PID dengan respon time yang relatif cepat dan stabil. Sehingga pengaturan PID untuk kecepatan PWM tertentu tidak bisa diterapkan untuk kecepatan PWM yang lain [2].

Untuk kerja robot penyiram tanaman oleh Joni dkk, prinsip pengendaliannya dilakukan dengan cara robot mendeteksi garis sebagai jalur pergerakan otomatisasi robot. Pencarian garis dilakukan dengan mendeteksi pancaran cahaya yang dipancarkan oleh LED dan dibaca oleh sensor photodiode. Untuk mengikuti garis robot digerakkan oleh motor DC yang dikontrol menggunakan metode PID, robot bergerak secara otomatis menggunakan aplikasi dari motor DC. Robot menggunakan pembacaan sensor photodiode untuk melakukan penyiraman, setelah robot mendeteksi perempatan pada jalur maka robot akan berhenti dan mengaktifkan pompa air untuk melakukan penyiraman dan apabila robot sudah melakukan proses penyiraman yang sesuai dengan apa yang diperintahkan oleh program maka robot akan menuju ke tempat pemberhentian yaitu dengan mendeteksi jalur pertigaan [3].

Perkembangan sistem komputer secara signifikan telah memungkinkan pengendalian robot yang makin mudah dan meningkatkan kegunaan robot. Dewantoro dkk membahas tentang analisa kebutuhan, perancangan bagian mekanik, perancangan bagian elektronik dan perancangan program pengendali, pembuatan, dan pengujian. Robot *line follower* berbasis mikrokontroler ATmega32A telah dilakukan pengujian dan diperoleh hasil bahwa robot *line follower* ini dapat menampilkan keadaan ada LCD. Namun robot *line follower* ini masih memiliki kekurangan pada proses kepekaan sensor garis bergantung pada kecepatan tertentu. Pada kecepatan 90-150rpm robot *line follower* dapat mengikuti jalur lintasan, sedangkan lebih dari 150rpm robot sudah tidak mampu mengikuti jalur lintasan. Penerapan dari perkembangan sistem komputer oleh Yusuf dkk. berupa robot yang akan mengantarkan pengunjung ke lokasi buku diharapkan akan meningkatkan mutu pelayanan pada Perpustakaan Kota Tangerang. Robot bekerja berdasarkan prinsip *line follower* yang menggunakan 4 buah sensor garis yang akan diproses oleh sebuah mikrokontroler Arduino Uno. Selain itu robot dilengkapi dengan sensor ultrasonik

agar dalam proses berjalan robot tidak menabrak objek yang menghalanginya. Dengan adanya robot ini akan mempermudah pengunjung dalam mencari lokasi buku, serta membantu meningkatkan mutu pelayanan akan fasilitas yang diberikan pada pengunjung [4, 5].

II. RANCANGAN SISTEM

A. PID Dengan Struktur Paralel

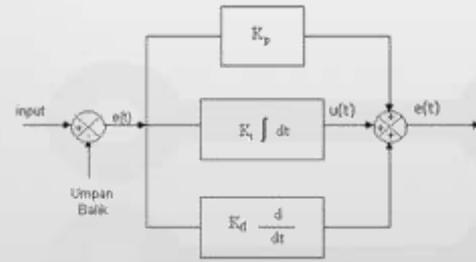
Pengendali PID dengan struktur paralel dengan cara menjumlahkan keluaran dari pengendalian P, I, D, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Rumus sinyal keluaran pengendali PID struktur paralel sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

dimana,

- u(t) = Sinyal keluaran pengendali PI
- K_p = Konstanta *proportional*
- K_i = Konstanta integral
- K_d = Konstanta turunan
- e(t) = Sinyal kesalahan

Karakteristik pengendali PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter atau konstanta pengendali (K_p, K_i, dan K_d). Penyetelan K_p, K_i dan K_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing pengendali. Secara umum langkah yang harus ditempuh dalam perancangan suatu desain kontrol PID adalah menentukan nilai parameter K_p, K_i dan K_d. Penggabungan antara kontrol Proportional, Integral dan Diferensial pada sistem kendali PID memiliki tujuan tertentu. Kontrol Proportional yang unggul dalam rise time yang cepat, kontrol integral yang dapat menghilangkan error dan kontrol diverential yang dapat meredam overshoot. Apabila digabungkan akan mendapatkan hasil pengontrol dengan sifat menghilangkan error, mengurangi rise time, menambah setting time, dan memperkecil overshoot. Namun, pada kenyataannya kontrol yang dihasilkan tidak akan sempurna seperti teori. Oleh sebab itu, pada implementasi penggabungan kontrol Proportional, Integral dan Diferensial disesuaikan dengan kebutuhan berdasarkan karakteristik masing-masing yang ditunjukkan pada Tabel 1



Gambar 1. Diagram blok pengendali PID struktur Paralel

Tabel 1. Pengaturan tuning Kp dan Kd

| Konstanta | Rise Time | Karakteristik | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | | Overshoot | Settling Time | Error |
| Proporsional | Menurunkan | Meningkatkan | Perubahan kecil | Mengurangi |
| Integral | Menurunkan | Meningkatkan | Meningkatkan | Mengeliminasi |
| Diferensial | Perubahan kecil | Menurunkan | Menurunkan | Perubahan kecil |

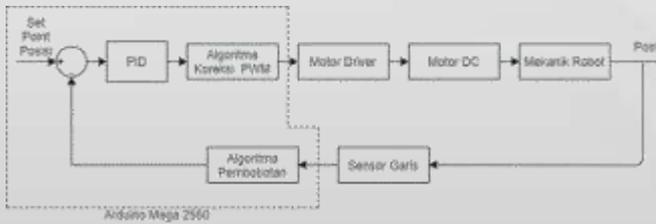
Metode heuristik adalah metode pemecahan masalah menggunakan cara coba-coba dengan aturan atau metode untuk bisa menyelesaikan masalah. Rancangan metode Heuristik ini diperoleh dengan cara perubahan parameter yang disesuaikan dengan kinerja plant yang akan dikendalikan. Untuk perancangan sistem pengendalian PID dilakukan pencarian nilai besaran K_p, K_i, dan K_d. Maka pengujian dilakukan dalam beberapa tahap, Berikut ini dijelaskan langkah-langkah metode tuning dengan cara “trial and error” atau metode Heuristik sebagai berikut :

1. Penalaan parameter pengendali dimulai dengan menggunakan pengendali P.
2. Kemudian baru ditambahkan I.
3. Terakhir ditambahkan dengan pengendali D.
4. Pemberian parameter disesuaikan dengan karakteristik respon sistem yang diperoleh.

B. Diagram Blok Sistem

Sistem kerja pada robot ini adalah ketika robot awal dinyalakan dan salah satu push button warna merah, hijau dan biru ditekan, robot berjalan maju dengan mencari warna pada box di room 1,2 atau 3 yang sudah ditentukan push button. Lalu setelah menemukan box dengan warna yang sudah ditentukan, robot berjalan menuju tempat untuk meletakkan box yang sudah disediakan berdasarkan warna yang telah ditentukan. Robot menggunakan metode pengendali PID dengan memanfaatkan nilai error untuk mendapatkan nilai posisi dan kecepatan motor. Lalu driver motor untuk mengaktifkan motor

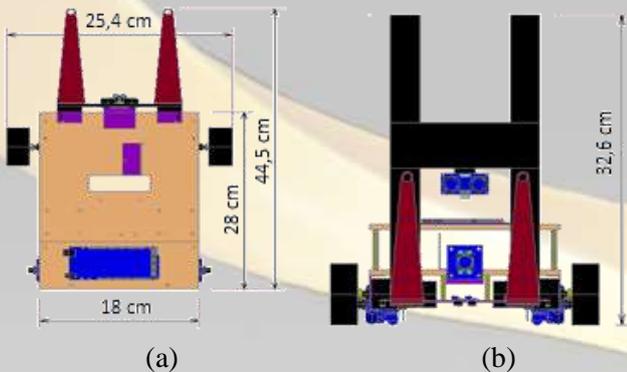
dc sebagai penggerak robot agar kecepatan robot bisa stabil di garis hitam dengan arah jalannya oleh sensor garis. Diagram blok sistem kontrol *robot forklift line follower* menggunakan metode PID, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok pengendalian robotMedical

C. Desain Robot

Mekanik yang dirancang akan menyerupai seperti aslinya menggunakan 4 roda dan 3 motor, 2 motor sebagai penggerak roda robot dan 1 motor sebagai penggerak katrol. 2 Motor diposisikan pada bagian depan robot, lalu bagian belakang menggunakan roda omni agar fleksibel dalam bergerak dan 1 motor lagi digunakan sebagai katrol. Robot memiliki ukuran panjang 44,5 cm, lebar 18 cm dan tinggi 32,6 cm pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan bentuk robot forklift (a) tampak atas, dan (b) tampak depan

Robot forklift ini menggunakan sensor garis sebagai acuan robot berjalan diatas garis hitam pada area atau lintasan, dan sensor warna untuk mendeteksi warna objek. Skema rangkaian dan konfigurasi sensor garis TCRT5000, ditunjukkan pada Gambar 4 dan pengaturan pembacaan nilai sensor yang terkena garis hitam pada Gambar 5. Rangkaian sensor warna pada sistem robot untuk mendeteksi warna box yang sudah disediakan, sehingga untuk terjadinya robot salah dalam mendeteksi warna dapat dicegah [7]. Sensor warna

memiliki 16 photodiode penyaring warna biru, 16 photodiode penyaring warna merah, 16 photodiode penyaring warna hijau dan 16 photodiode untuk warna terang tanpa penyaring. Sensor jarak ditempatkan di depan robot untuk mendeteksi box yang ada di depannya agar tidak tertabrak oleh robot [8]. Sensor jarak harus menghentikan robot jika terdapat objek atau box pada jarak 5cm, setelah robot berhenti robot harus mengambil box yang berada didepannya. Sensor warna ditempatkan pada bagian depan robot tepatnya dibawah sensor jarak. Penempatan sensor warna didepan agar robot dapat dengan mudah mendeteksi warna objek atau box yang berada didepannya.

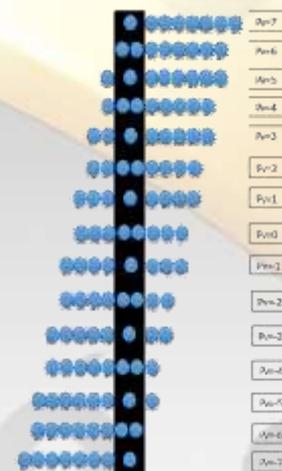
| | | |
|-------------|----|-----|
| VCC | | VCC |
| Digital I/O | 44 | D0 |
| Digital I/O | 47 | D0 |
| Digital I/O | 42 | D0 |
| Digital I/O | 43 | D0 |
| Digital I/O | 41 | D0 |
| Digital I/O | 39 | D0 |
| Digital I/O | 34 | D0 |
| Digital I/O | 35 | D0 |
| GND | | GND |

(a)



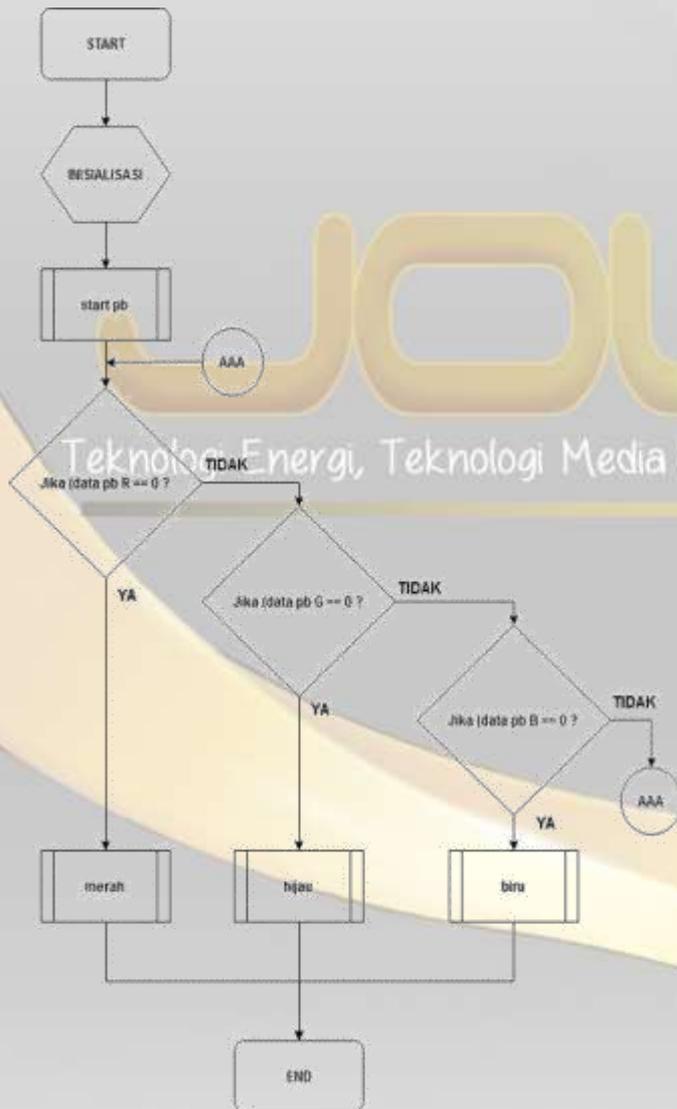
(b)

Gambar 4. Modul sensor garis TCRT5000 (a) koneksi dengan Arduino, dan (b) konfigurasi sensor array



Gambar 5. Pembacaan garis oleh sensor array

Perancangan perangkat lunak pada sistem robot *line follower* pemindah objek berdasarkan warna ditulis menggunakan software IDE sebagai alat untuk membuat perangkat lunak [6]. Sebelum masuk dalam tahap programming, terlebih dahulu dibuat diagram alir program yang menggambarkan algoritma sistem yang akan dibuat. Diagram alir dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 6.

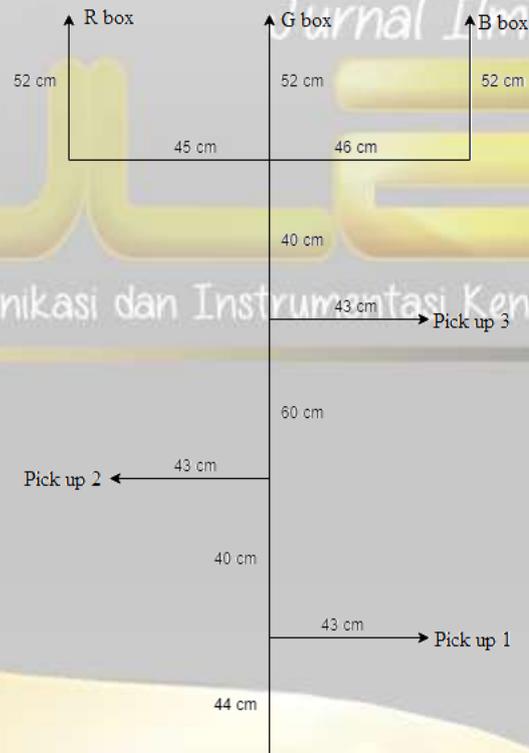


Gambar 6. Diagram alir sistem kendali robot

D. Skema Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja robot mengatur posisi dalam berjalan mengikuti garis hitam dan mencari box warna merah, hijau dan biru pada posisi 1,2 dan 3 dengan sistem pengendali PID. Tuning parameter PID dilakukan untuk mendapatkan nilai Kp, Ki dan Kd yang tepat [9]. Pengujian pada saat

tuning dilakukan dengan robot berjalan menuju titik pengambilan box, lalu robot berjalan dan meletakkan box pada tempat yang telah disediakan sesuai dengan warnanya. Susunan jalur lintasan robot ditunjukkan pada Gambar 7. Tuning dilakukan untuk mendapatkan parameter nilai proposional (Kp), integral (Ki), dan diferensial (Kd) sehingga dapat mengendalikan posisi robot agar stabil berjalan di garis hitam. Tuning PID dilakukan dengan metode heuristik yaitu dengan cara memasukkan nilai-nilai tertentu pada parameter nilai Kp, Kd dan Ki [6].



Gambar 7. Skema pergerakan robot

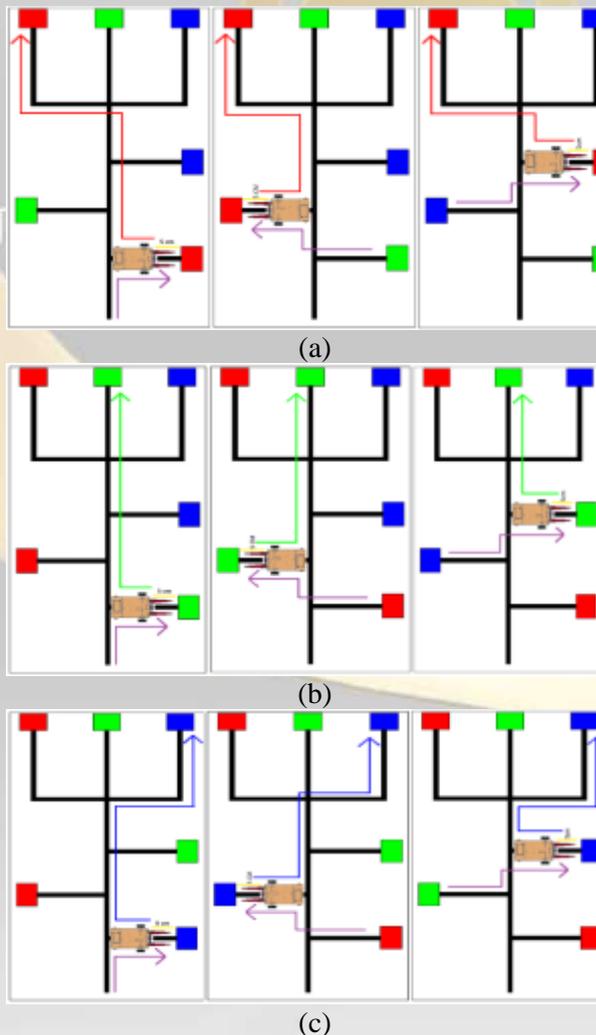
Dalam percobaan ini terdapat 9 kemungkinan pengujian meliputi pengambilan box merah, hijau, dan biru di titik 1, 2 atau 3 dan meletakkan ditempat yang sudah disediakan sesuai warnanya [6]. Pengujian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8 dilakukan dengan menempatkan robot di posisi distart lalu melakukan pergerakan mengikuti garis menuju titik 1 untuk memeriksa warna objek pada titik tersebut, bila sesuai dengan warna yang diperintahkan, robot akan membawa box ke titik peletakan sesuai warnanya, bila warna box tidak sesuai, robot akan menuju titik 2 untuk memeriksa warnanya, demikian juga untuk titik 3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan robot berjalan mengambil box sampai dengan robot meletakkan box ditempat yang sudah disediakan. Penentuan nilai Kp dan Kd dilakukan terlebih dahulu untuk melihat respon pengendalian robot pada saat mengikuti garis sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan hasil respon pengendalian untuk Kp = 100, Ki = 0, dan Kd = 1 ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 2. Pengaturan tuning Kp dan Kd

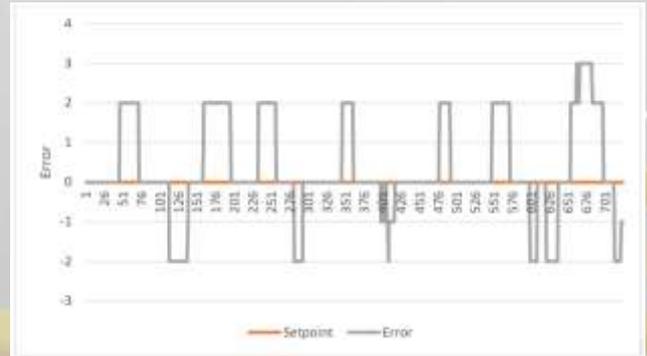
| Pengujian ke- | Kp | Ki | Kd |
|---------------|-----|----|----|
| 1 | 25 | 0 | 0 |
| 2 | 75 | 0 | 1 |
| 3 | 100 | 0 | 1 |



Gambar 8. Skema penjejakan warna dan pergerakan robot (a) warna merah, (b) warna hijau, dan (c) warna biru



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Respon pengendalian robot dengan konfigurasi pada Tabel 1: (a) Pengujian 1, (b) Pengujian 2, dan (c) Pengujian 3

A. Pengujian pembacaan warna

Pengujian sensor warna dilakukan untuk mendeteksi warna merah, hijau, dan biru. Untuk melakukan pengujian menggunakan alat dan bahan, berupa Arduino Mega2560, modul sensor warna, box dengan warna merah, hijau, dan, biru. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai antara warna merah, hijau, dan biru. Pada pengujian sensor warna, untuk mendapatkan data nilai sensor maka diketahui melalui serial monitor pada masing-masing warna dan box warna merah, hijau, biru ditaruh berhadapan dengan sensor warna. Hasil pembacaan nilai sensor warna Merah, Hijau, dan Biru ditunjukkan pada Gambar 10 sedangkan Tabel 3 menunjukkan rentang nilai hasil pengujian sensor warna pada jarak 5 cm,

yaitu jarak dari sensor warna ke objek saat penghentian robot oleh sensor jarak di titik pengambilan.

| R | G | B |
|-----|-----|----|
| 176 | 124 | 42 |
| 169 | 124 | 42 |
| 176 | 123 | 41 |
| 171 | 115 | 41 |
| 173 | 122 | 41 |
| 174 | 123 | 41 |
| 174 | 123 | 42 |
| 176 | 124 | 42 |
| 168 | 123 | 41 |
| 174 | 123 | 42 |

(a)

| R | G | B |
|----|-----|-----|
| 83 | 135 | 106 |
| 83 | 135 | 112 |
| 83 | 130 | 113 |
| 83 | 136 | 112 |
| 76 | 135 | 112 |
| 83 | 135 | 112 |
| 82 | 135 | 112 |
| 82 | 129 | 112 |
| 83 | 129 | 112 |
| 83 | 136 | 113 |

(b)

| R | G | B |
|----|----|-----|
| 95 | 64 | 174 |
| 95 | 63 | 174 |
| 95 | 64 | 174 |
| 94 | 63 | 174 |
| 95 | 63 | 175 |
| 96 | 63 | 174 |
| 95 | 63 | 174 |
| 95 | 63 | 174 |
| 95 | 63 | 174 |
| 95 | 63 | 174 |

(c)

Gambar 10. Contoh pembacaan oleh sensor warna terhadap objek berwarna: (a) merah, (b) hijau, dan (c) biru

Tabel 3. Rentang nilai pembacaan sensor warna terhadap objek berwarna

| Warna Objek | R (Red) | G (Green) | B (Blue) |
|-------------|---------|-----------|----------|
| Merah | 166-176 | 115-124 | 41-42 |
| Hijau | 76-84 | 129-137 | 106-113 |
| Biru | 92-96 | 57-64 | 168-175 |

B. Pengujian pengendalian pergerakan robot

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kerja sistem pada robot dalam posisi agar stabil berjalan digaris hitam menggunakan sistem kendali PID dengan nilai $K_p = 100$, $K_i = 0$ dan $K_d = 1$. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja robot dalam mendeteksi box warna merah, hijau, dan biru pada setiap kondisinya. Dalam pengujian ini terdapat 9 kemungkinan robot pada saat mendeteksi box di setiap kondisinya, yaitu 3 posisi titik awal box dikombinasikan dengan 3 warna yang ada. Dalam pengujian yang dilakukan kepada robot untuk mencari posisi dan mendeteksi warna box, dilakukan pengujian secara acak dalam peletakkan box pada posisi 1, 2, dan 3. Tabel 4 menunjukkan kemungkinan kombinasi tersebut dan urutan pengujian yang dibuat secara acak untuk memastikan bahwa setiap kombinasi memiliki peluang yang sama untuk diuji terlebih dahulu.

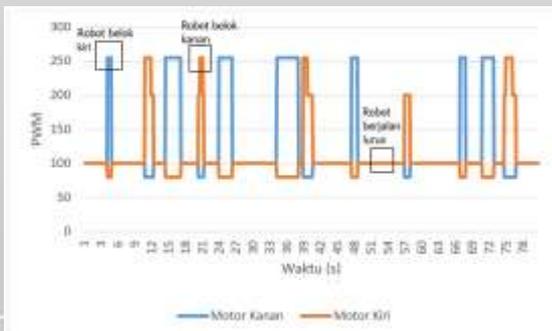
Tabel 4. Urutan pengujian kombinasi warna box dan titik pengambilannya dari A sampai I

| Warna Box | Titik Pengambilan | | |
|-----------|-------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Merah | I | G | D |
| Hijau | B | E | H |
| Biru | F | A | C |

Dari tabel tersebut, urutan pengujiannya adalah: (A) Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 2, (B) Robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 1, (C) Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 3, (D) Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 3, (E) Robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 2, (F) Robot mendeteksi box berwarna biru di posisi 1, (G) Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 2, (H) Robot mendeteksi box berwarna hijau di posisi 3, (I) Robot mendeteksi box berwarna merah di posisi 1.

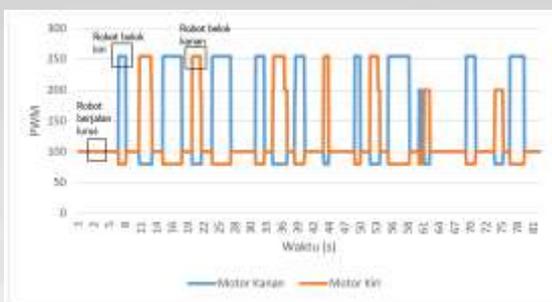
Contoh hasil pembacaan sensor dan respon pengendalian motor saat pengujian A ditunjukkan pada Gambar 11, pada saat memulai, sensor mendeteksi keberadaan objek di titik 2 dan pada detik ke 4 sensor garis mendeteksi lintasan percabangan menuju titik 2, motor kiri melambat dan motor kanan berputar lebih cepat untuk membelokkan robot ke kiri. Pada detik 12 robot telah mengambil objek dan berputar, detik 15 robot

berbelok kiri masuk ke jalur utama, detik 21 robot belok ke kanan untuk menuju titik drop biru, detik 24 robot berbelok ke kiri untuk masuk ke jalur drop box biru. Detik 33 hingga 38 adalah saat robot berputar untuk kembali ke titik awal, detik 39 hingga 48 adalah kebalikan arah dari detik 21 hingga 27. Pada pengujian ini, tidak terdapat banyak penyimpangan pada lintasan robot selain pada detik 57 sehingga pola respon pengendali hanya mengikuti alur pemandu lintasan.



Gambar 11. Respon pengendalian motor pada pengujian A

Untuk pengujian dimana robot banyak mengalami penyimpangan pada saat bergerak terdapat pada pengujian H, pada pengujian ini respon pengendalian robot agar tetap di lintasan dapat dilihat pada pola respon PWM yang banyak mengalami perubahan sebagaimana terlihat pada Gambar 12. Untuk lintasan yang lurus dari Start hingga belok menuju Titik 3 di detik 8 terdapat penyimpangan ke sisi kanan sehingga motor kanan dipercepat untuk membelokkan robot ke kiri. Demikian pula saat robot kembali dari titik drop hijau menuju titik awal yang berupa garis lurus, terdapat respon pengendalian terhadap penyimpangan antara detik 33 hingga detik 62.



Gambar 12. Respon pengendalian motor pada pengujian H

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Robot dapat mengenali warna objek berdasarkan level dominan dari komponen warna RGB-nya, untuk warna merah pada sensor warna yang dominan adalah komponen RGB, untuk hijau adalah GBR, dan untuk warna biru adalah BRG.
2. Pada pengujian awal (A), robot mampu mengikuti garis dengan benar dan tidak terdapat banyak koreksi lintasan.
3. Pada pengujian H, walaupun lintasan didominasi garis lurus panjang, robot mengalami penyimpangan lintasan dan sistem kendali dapat mempertahankan agar robot tetap berada di garis lintasan.

REFERENSI

- [1] H. Miftahul, F. Firdaus., D. Derisma, "Pengontrolan Kecepatan Mobile Robot Line Follower Dengan Sistem Kendali PID," TELKA - Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol, Vol. 2, No. 2, 2016, pp. 150-159.
- [2] M. Aripin, R. T. Subagio, D. Martha, "Analisa Algoritma Proporsional Integral Derivatif Dan Algoritma Path Planning Pada Robot Line Follower," DigIT – Jurnal Ilmiah Digital of Information Technology, Vol. 6 No. 1, 2016, pp. 88-99.
- [3] K. Joni, M. Ulum, and Z. Abidin, "Robot Line Follower Berbasis Kendali Proportional-Integral-Derivative (PID) Untuk Lintasan Dengan Sudut Ekstrim", INFOTEL, vol. 8, no. 2, 2016, pp. 138-142.
- [4] M. Yusuf, I. Isnawaty, R. Ramadhan, "Implementasi Robot Line Follower Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Metode Proportional – Integral – Derivatif Controller (PID)," semanTIK, vol. 2, no. 1, 2016, pp. 111-124.
- [5] N. Sany, D. Sugiarto, N. Hikmah, "Prototype Robot Penunjuk Lokasi Bidang Buku Berbasis Line Follower Perpustakaan Tangerang," ICIT, vol. 5, no. 1, 2019, pp. 50-57.
- [6] P. Dewantoro, I. Riyanto, "Design and Development of Color Object Line Follower," Maestro, vol. 2, no. 2, 2019, pp. 465-473.
- [7] Y. Andrian, "Robot Penyortir Benda Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200," Sisfoteknika, vol. 3, no. 2, 2015, pp. 1-10.
- [8] B. Arsada, B. Supriyanto, "Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno," Jurnal Teknik Elektro, vol. 6 no. 2, 2017, pp. 137-145.
- [9] A. S.Romadhon, M. Fuad, "Perancangan Sistem Kontrol Gerakan Pada Robot Line Tracer," Jurnal Mikrotek, vol. 1, no. 1, 2013, pp. 53-58.