

Rancang Bangun Robot Line Follower Berbasis Kendali PID Sebagai Sarana Modul Praktikum Pada Laboratorium Robotik Universitas Islam Malang

Andrean Syahputra¹, Anang Habibi², Efendi S Wirateruna³

¹Universitas Islam Malang

^{2,3}Universitas Islam Malang

21901053021@unisma.ac.id, ananghabibi@unisma.ac.id, efendi.s.wirateruna@unisma.ac.id

Abstract

Technological development is increasingly rapid with the increasingly modern way of thinking of society. As technology advances, every company or organization must follow technological advances to be able to compete in the era of globalization. One of them is robotic technology that has found its way into various fields such as medicine, industry, and education. In this case, a study will be conducted on the design of a line follower robot using an ESP32 microcontroller based on PID control. The purpose of this study is to determine the performance of the line follower robot when controlled by a PID controller system. The PID value is obtained through trial and error method by making repeated attempts until finding the best PID parameter value ($K_p = 10$, $K_i = 0$, $K_d = 20$). Based on the results of the tests that have been carried out, it can be concluded that robot testing using the best PID parameter values at different speeds, namely 50, 100, 150, 200 and 250 can run stably. Meanwhile, robot testing without using PID results in oscillating robot motion so that the robot is unstable and goes off line/track at high speeds. The addition of PID control to this robot can provide a faster robot movement response calculated from the time the robot is first affected by interference (winding direction) until the robot returns to stability on the line/track compared to without using PID.

Keywords— Line Follower, PID, Mikrokontroller ESP32, BTN7970, Oled Display.

Abstraksi

Perkembangan teknologi semakin pesat dengan semakin modernnya cara berpikir masyarakat. Seiring kemajuan teknologi, setiap perusahaan atau organisasi harus mengikuti perkembangan teknologi agar tetap kompetitif di era globalisasi. Salah satunya yaitu teknologi robotik yang telah menemukan jalannya ke berbagai bidang seperti kedokteran, industri, dan pendidikan. Dalam hal ini akan dilakukan penelitian mengenai rancang bangun robot *line follower* menggunakan mikrokontroller ESP32 berbasis kendali PID. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui performa kinerja dari robot *line follower* ketika dikendalikan dengan sistem kontroler PID. Nilai PID didapatkan melalui metode *trial and error* dengan melakukan upaya berulang-ulang hingga dapat menemukan nilai parameter PID terbaik ($K_p = 10$, $K_i = 0$, $K_d = 20$). Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengujian robot dengan menggunakan nilai parameter PID terbaik pada kecepatan berbeda yakni 50, 100, 150, 200 dan 250 dapat berjalan mencapai stabil. Sedangkan pengujian robot tanpa menggunakan PID menghasilkan gerak robot berosilasi sehingga robot tidak stabil dan keluar garis/jalur pada kecepatan tinggi. Penambahan kontrol PID pada robot ini dapat memberikan respon pergerakan robot yang lebih cepat dihitung mulai dari robot pertama kali terkena gangguan (arah yang berliku-liku) sampai robot kembali stabil pada garis/jalur dibandingkan dengan tanpa menggunakan PID.

Kata Kunci— Line Follower, PID, Mikrokontroller ESP32, BTN7970, Oled Display.

I. PENDAHULUAN

Di masa depan, pesatnya perkembangan teknologi akan memunculkan profesi-profesi baru sekaligus membuat beberapa profesi lama lenyap karena otomatisasi yang dapat menggantikan pekerjaan manusia. Meski demikian, transformasi ini juga membawa manfaat bagi masyarakat untuk mempermudah segala aktivitas. Oleh karena itu, setiap perusahaan atau organisasi harus mengikuti perkembangan teknologi agar tetap kompetitif di era globalisasi yang ditandai oleh hadirnya industri 4.0 seperti komputasi awan, *Internet of Things*, kecerdasan buatan, serta otomasi kendaraan tanpa pengemudi dan robotika [1].

Kemajuan di bidang robotika berlangsung begitu pesat. Robot diciptakan untuk membantu meringankan pekerjaan manusia yang dianggap memberatkan sebagian orang. Bahkan, beberapa robot dikembangkan untuk menjalankan pekerjaan berisiko tinggi yang dapat membahayakan keselamatan manusia hingga mengancam nyawa. Teknologi robotika juga telah merambah ke berbagai macam bidang, seperti kedokteran, industri, dan pendidikan. [1]. Teknologi robotik ini lebih dipilih dan banyak digunakan karena terdapat beberapa keunggulan diantaranya yaitu mampu bekerja otomatis secara *fulltime* dengan cepat dan teliti sehingga diharapkan mampu menyelesaikan pekerjaan menjadi lebih efisien dan efektif [2].

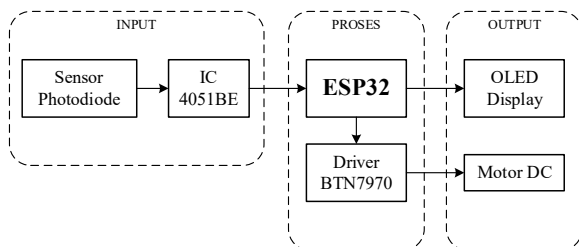
Dalam bidang pendidikan, terutama mahasiswa teknik elektro Universitas Islam Malang terhadap dunia robotik sangat antusias. Hal ini terlihat dari meningkatnya minat terhadap kegiatan penelitian,

kompetisi robot, serta proyek inovasi yang melibatkan sistem otomatis. Namun di balik semangat dan antusiasme tersebut, terdapat keterbatasan serta pengalaman praktis mahasiswa dalam memahami konsep dasar dan penerapan sistem robotika secara menyeluruh. Hal ini disebabkan oleh minimnya sarana pembelajaran dan modul praktikum yang dapat digunakan sebagai media eksplorasi di laboratorium. Akibatnya, sebagian mahasiswa hanya memahami teori tanpa memperoleh pengalaman langsung dalam merancang, merakit, dan menguji sistem robot yang berfungsi secara nyata.

Berdasarkan studi kasus dan fakta literature, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai rancang bangun robot line follower menggunakan mikrokontroler ESP32 berbasis kendali PID di laboratorium robotik Universitas Islam Malang.

II. METODE PENELITIAN

A. Blok Diagram Sistem



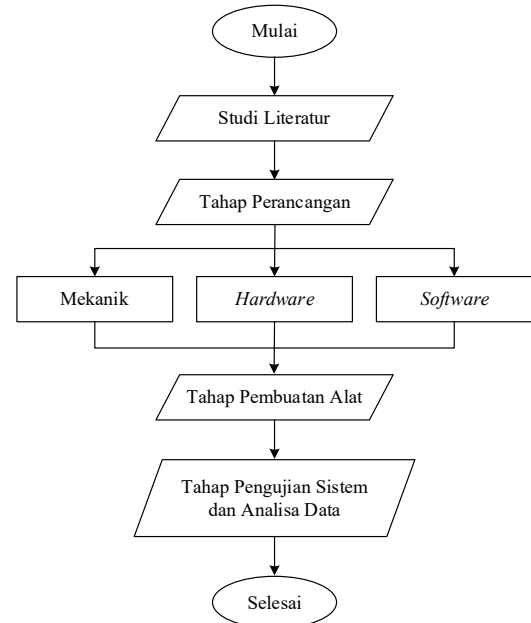
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Penjelasan pada Gambar 1 adalah sebagai berikut :

1. Hasil pembacaan sensor Photodiode melalui IC Multiplexer 4051BE akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan posisi robot terhadap garis/jalur kemudian menampilkannya pada layar OLED Display. Mikrokontroler ESP32 juga akan memerintah untuk menggerakkan motor DC supaya posisi robot tepat ditengah garis/jalur.
2. OLED Display untuk menampilkan data-data robot meliputi kecepatan motor DC, nilai ADC, posisi robot terhadap garis dan nilai konstanta PID.
3. Driver BTN7970 sebagai pengontrol motor DC dengan masukan berupa sinyal direction dan PWM dari mikrokontroler ESP32. Sinyal direction untuk mengontrol arah putaran motorDC sedangkan PWM digunakan untuk mengontrol kecepatan putar motor DC.

B. Diagram Alir

Dalam menyelesaikan permasalahan diperlukan suatu diagram alir. Diagram alir adalah suatu diagram yang terdapat langkah kerja berupa tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan dalam menyelesaikan suatu permasalahan, dimulai dari analisa kebutuhan, perancangan dan melakukan penilaian terhadap suatu permasalahan. Fungsi dari diagram alir adalah untuk mempermudah dan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan. Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

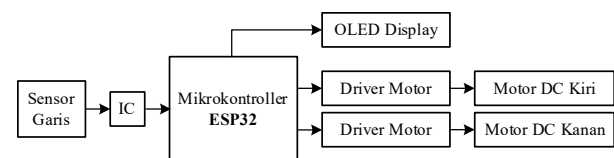


Gambar 2. Diagram Alir

Pada Gambar 2 memaparkan proses penelitian yaitu :

1. Studi literatur adalah tahap pertama dalam melakukan sebuah penelitian, pada tahap studi literatur ini, penulis dapat melakukan studi literatur dengan mencari referensi-referensi melalui jurnal, artikel maupun tugas akhir tujuannya untuk melengkapi dan memahami penelitian ini.
2. Tahap perancangan terdiri dari perancangan *hardware*, perancangan *software* dan perancangan mekanik.
3. Tahap pembuatan alat ini merupakan perealisasiian dalam merancang *hardware*, pemrograman *software* dan merancang mekanik.
4. Tahapan yang terakhir adalah pengujian sistem dan analisa data. Tujuannya untuk mengamati kinerja *hardware*, *software* serta pada sistem keseluruhan. Pengujian sistem keseluruhan dapat dilakukan dengan mengamati tingkat keberhasilan suatu sistem mulai dari setting nilai PID hingga keluaran sistem seperti pergerakan motor terhadap jalannya robot.

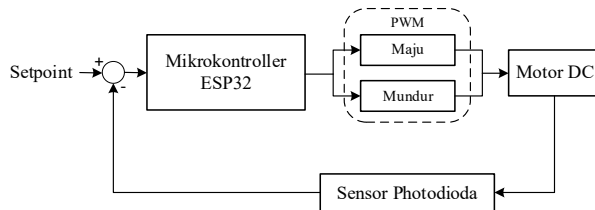
C. Rancangan Sistem



Gambar 3. Rancangan Sistem

Rancangan sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 meliputi sensor garis LED memancarkan cahaya yang akan diterima oleh *photodiode* dengan syarat cahaya harus terpantul pada bidang datar. Kemudian keluaran yang dihasilkan sensor melalui IC multiplexer akan dibaca oleh ADC mikrokontroler. ADC ini digunakan untuk mengkonversi keluaran sensor dari sinyal analog menjadi sinyal digital kemudian menentukan nilai parameter ADC untuk garis hitam dan

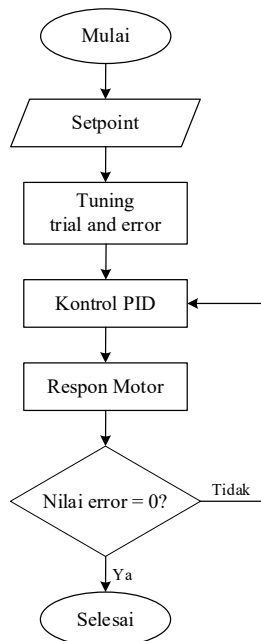
garis putih. Setelah parameter ADC ditentukan, maka akan menjadi masukan (*input*) pada mikrokontroler untuk mengontrol putaran motor sehingga robot dapat mengikuti garis hitam. OLED Display digunakan untuk menampilkan nilai ADC.



Gambar 4. Diagram Kontrol Sistem

Prinsip kerja dari diagram kontrol sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dimulai dari menentukan nilai setpoint yang ingin ditentukan, sensor *photodiode* akan memberikan *feedback* ke mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ESP32 akan mengkalkulasi nilai aktual dari sensor *photodiode* dengan setpoint kemudian mikrokontroler ESP32 akan memberikan penyesuaian maju atau mundur untuk menggerakkan motor DC.

D. Flowchart Sistem

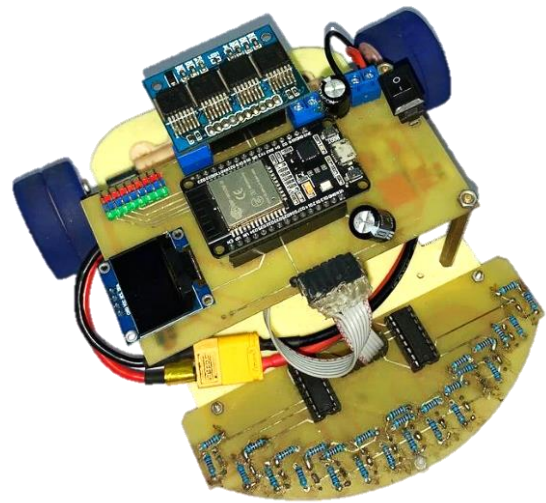


Gambar 5. Flowchart Sistem

Pada Gambar 5 menunjukkan prinsip kerja sistem motor DC dengan PID pada robot. Dimulai dengan masukan berupa target nilai setpoint pada program, kemudian mencari nilai *kp*, *ki*, *kd* dengan metode *trial and error*. Kecepatan motor akan dikontrol PID, kemudian akan mendapatkan respon kecepatan motor. Apakah respon motor DC terdapat error? Jika tidak, maka kontrol PID akan menghitung nilai sinyal kontroler dengan nilai error yang baru dan akan memberikan nilai sinyal kontroler yang baru terhadap motor DC. Proses tersebut berjalan terus menerus untuk menjaga kecepatan motor DC hingga nilai error sebesar nol [3].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancang Bangun Robot Line Follower



Gambar 6. Hasil Rancang Bangun Line follower

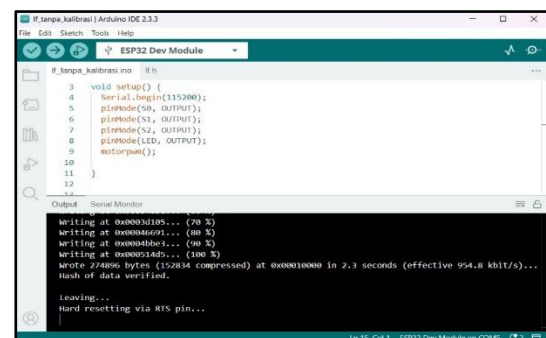
Pada Gambar 6 merupakan hasil rancang bangun robot *line follower* yang terdiri dari komponen utama yaitu 14 buah sensor photodiode, 2 IC multiplexer 4051BE, mikrokontroler ESP32, lcd OLED display, 2 motor DC dan driver motor BTN7970, saklar *on/off*, baterai Lipo. Robot *line follower* ini memiliki tujuan untuk berjalan dari titik *start* menuju area *finish* sesuai lintasan.

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap terpisah untuk menguji tiap bagian yang digunakan dalam perancangan robot sebagai berikut,

1. Pengujian mikrokontroler ESP32
2. Pengujian sensor photodiode
3. Analisa kontroler PID pada robot *line follower*
4. Pengujian sistem kontrol pergerakan dengan PID dan tanpa PID

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui hasil dari sistem kontrol PID apakah sudah sesuai atau belum dalam implementasi pada pergerakan robot *line follower*.

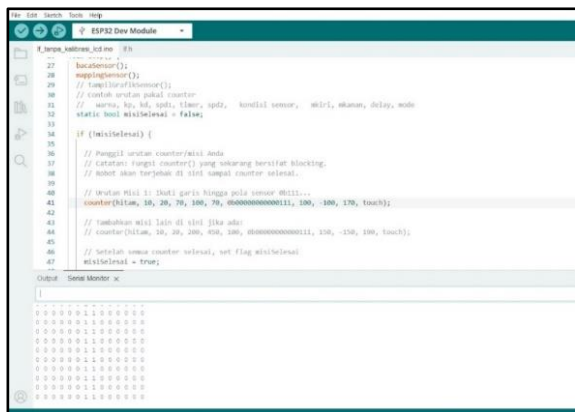
B. Pengujian Mikrokontroler ESP2



Gambar 7. Uji Upload Program ke Board

Pada Gambar 7 terlihat bahwa board ESP32 masih berfungsi dengan baik dan dapat mengeksekusi program dengan benar.

C. Pengujian Sensor Photodiode



Gambar 8. Uji Sensor Photodiode

Pada Gambar 8 terlihat sensor photodiode dapat mendeteksi garis/jalur hitam secara optimal atau membaca posisi dengan baik dan benar.

D. Analisa Kontroler PID Pada Robot Line Follower

Hasil percobaan *trial and error* nilai-nilai parameter kontroler PID robot *line follower* pada lintasan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variasi trial and error kontroler PID

Nilai		Kondisi Robot
Kp	< 10	Kurang peka terhadap garis
	10	Robot beresilasi secara terus menerus
	> 10	Cepat menyimpang dari garis
Ki	0	Respon cukup baik, penambahan nilai Ki menyebabkan <i>overshoot</i>
Kd	< 20	Robot tidak mampu merespon perubahan lintasan
	20	Dapat meredam osilasi sehingga gerak robot stabil
	> 20	Terlalu agresif dalam bereaksi terhadap perubahan posisi

Pada Tabel 1 diperoleh hasil percobaan kontroler proporsional ditambah kontroler diferensial dengan tanpa kontroler integral dapat diketahui bahwa kondisi respon robot sudah cukup baik. Nilai parameter kontroler PID yang diperoleh dengan kondisi respon robot terbaik adalah Kp=10, Ki=0, dan Kd=20.

E. Pengujian Sistem Kontrol Pergerakan Dengan PID dan Tanpa PID

Pengujian kontrol pada pergerakan robot dilakukan pada lintasan banner berupa garis hitam dengan ketebalan 1,8 cm dan dihubungkan dengan kabel arduino sepanjang 1,8 meter.

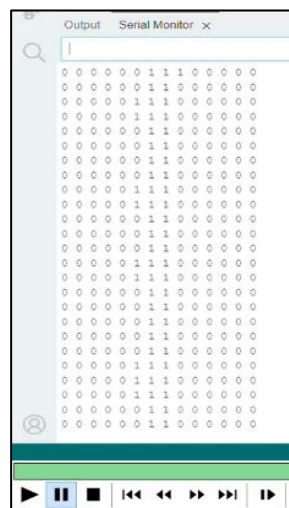
Data kecepatan putaran (RPM) dengan variasi nilai PWM 50, 100, 150, 200, dan 250 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data nilai kecepatan PWM

Nilai PWM	Kecepatan Putaran (RPM)
50	196
100	392
150	588
200	784
250	980

Pada Tabel 2 diketahui data variasi nilai PWM dengan kecepatan putaran motor (RPM). Pada maximal speed PWM 255 diperoleh kecepatan putaran maksimum yakni 1000 RPM.

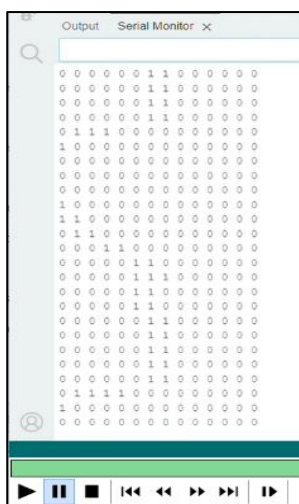
1. Pengujian Robot Jalan Maju Dengan PID



Gambar 9. Data Realtime Sensor Saat Jalan Maju

Pada Gambar 9 dilakukan sebanyak 20 kali pengujian robot jalan maju pada kecepatan berbeda dimulai dari 50, 100, 150, 200 dan 250 dengan nilai Kp = 10, Ki = 0, Kd = 20. Dengan nilai PID tersebut, robot mendekati stabil dikarenakan respon robot lebih baik sehingga gerak robot stabil.

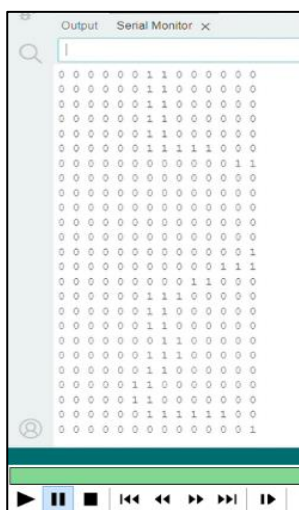
2. Pengujian Robot Belok Kanan Dengan PID



Gambar 10. Data Realtime Sensor Saat Belok Kanan

Pada Gambar 10 dilakukan sebanyak 20 kali pengujian robot belok kanan pada kecepatan berbeda dimulai dari 50, 100, 150, 200 dan 250 dengan nilai $K_p = 10$, $K_i = 0$, $K_d = 20$. Dengan nilai PID tersebut, gerak robot stabil tetapi pada kecepatan 150, 200 dan 250 robot tidak mampu membaca tikungan tajam karena respon sensor/kontrol terlambat.

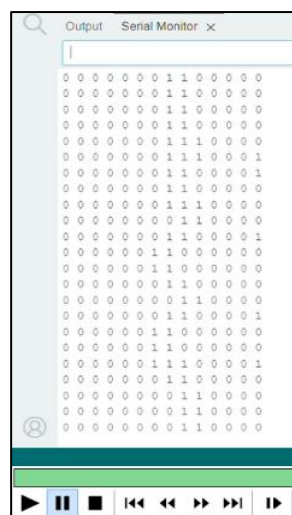
3. Pengujian Robot Belok Kiri Dengan PID



Gambar 11. Data Realtime Sensor Saat Belok Kiri

Pada Gambar 11 dilakukan sebanyak 20 kali pengujian robot belok kiri pada kecepatan berbeda dimulai dari 50, 100, 150, 200 dan 250 dengan nilai $K_p = 10$, $K_i = 0$, $K_d = 20$. Dengan nilai PID tersebut, gerak robot stabil tetapi pada kecepatan 150, 200 dan 250 robot tidak mampu membaca tikungan tajam karena respon sensor/kontrol terlambat.

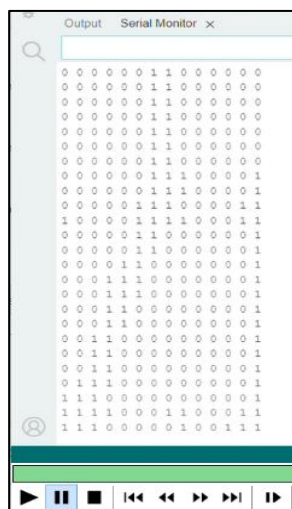
4. Pengujian Robot Jalan Melingkar Dengan PID



Gambar 12. Data Realtime Sensor Saat Jalan Lingkar

Pada Gambar 12 dilakukan sebanyak 20 kali pengujian robot jalan melingkar pada kecepatan berbeda dimulai dari 50, 100, 150, 200 dan 250 dengan nilai $K_p = 10$, $K_i = 0$, $K_d = 20$. Dengan nilai PID tersebut, robot mendekati stabil dikarenakan respon robot lebih baik sehingga gerak robot stabil.

5. Pengujian Robot Dengan Tanpa PID



Gambar 13. Data Realtime Sensor Saat Tanpa PID

Pada gambar 13 dilakukan masing-masing sebanyak 20 kali pengujian robot jalan maju, belok kanan, belok kiri dan jalan melingkar pada kecepatan berbeda dimulai dari 50, 100, 150, 200 dan 250 tanpa menggunakan PID. Dengan tanpa menggunakan PID maka gerak robot beresilasi (zig-zag) sehingga robot tidak stabil dan keluar garis/jalur pada kecepatan tinggi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang bangun robot *line follower* dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 ketika dikendalikan oleh sistem kontrol PID melalui tahap perancangan *hardware* dan *software*. Spesifikasi hasil rancang bangun robot *line follower* terdiri dari komponen utama yaitu 14 buah sensor photodiode, IC multiplexer 4051BE, mikrokontroler

ESP32, lcd OLED display, driver motor BTN7970, motor DC, saklar *on/off*, dan baterai Lipo.

Dalam mencari nilai PID menggunakan metode *trial and error* dengan melakukan upaya berulang-ulang hingga dapat menemukan nilai parameter PID terbaik ($K_p = 10$, $K_i = 0$, $K_d = 20$) agar robot dapat berjalan mencapai stabil. Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan meliputi robot jalan maju, belok kanan, belok kiri dan jalan melingkar masing-masing sebanyak 20 kali pengujian dapat disimpulkan bahwa pengujian robot dengan menggunakan nilai parameter PID terbaik pada kecepatan berbeda yakni 50, 100, 150, 200 dan 250 dapat berjalan mencapai stabil. Namun pada kecepatan 150, 200 dan 250 robot tidak mampu membaca tikungan tajam karena respon sensor/kontrol terlambat. Pengujian robot tanpa menggunakan PID menghasilkan gerak robot berosilasi sehingga robot tidak stabil dan keluar garis/jalur pada kecepatan tinggi. Penambahan kontrol PID pada robot ini dapat memberikan respon pergerakan robot yang lebih cepat dihitung mulai dari robot pertama kali terkena gangguan (berliku-liku) sampai robot kembali stabil pada garis/jalur dibandingkan dengan tanpa menggunakan PID.

Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 9(2), 374.

- [10] Budijanto, A. (2018). Pengaturan kecepatan motor dc pada robot line follower menggunakan pulse width modulation (pwm). In Seminar Nasional Sistem Informasi (Vol. 2018, No. 9).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadhani, K. P., Amrozi, Y., & Adi, I. (2020). Inovasi Sistem Robotika pada Perpustakaan.
- [2] Susilo, D. B., Wibawanto, H., & Mulwinda, A. (2018). Prototype mesin pengantar barang otomatis menggunakan load cell berbasis robot line follower. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 23-29.
- [3] Sugiono, S., & Habibi, A. (2024). Sistem Kontrol Pergerakan Roda Omni Pada Robot Soccer UNISMA Dengan PID (Proportional Integral Derivative). *SCIENCE ELECTRO*, 17(2).
- [4] Wenda, N. (2022). Rancang Bangun Robot Line Follower untuk Menentukan Jarak Terpendek pada Maze Mapping.
- [5] Rizanty, R. (2024). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gerak Melalui Sepeda Statis dengan Kontrol Torsi Berbasis Arduino Menggunakan Metode PID.
- [6] Junaedi, H. (2016). RANCANG BANGUN ROBOT LINE FOLLOWER BERBASIS CAHAYA TAMPAK (BAGIAN I) (Doctoral dissertation, Airlangga University).
- [7] Miftahul, H., Firdaus, F., & Derisma, D. (2016). Pengontrolan kecepatan mobile robot line follower dengan sistem kendali PID. *TELKA-Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, 2(2), 150-159.
- [8] Andini, D., & Ramadhan, S. (2024). PERANCANGAN ROBOT PEMINDAH BARANG LINE FOLLOWER DENGAN PATH PLANNING BERBASIS APLIKASI MOBILE (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [9] Ma'arif, A., Istiarno, R., & Sunardi, S. (2021). Kontrol proporsional integral derivatif (pid) pada kecepatan sudut motor dc dengan pemodelan identifikasi sistem dan tuning. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik*,