

Kalibrasi ADC Berbasis Ambang Batas dan Penyempurnaan Algoritmik dalam Robot Pengikut Garis

Threshold-Based ADC Calibration and Algorithmic Refinement in Line Follower Robots

Raihan Nurhakim¹, Fadlika Ardiansyah², Muhammad Adli Rizqulloh^{3*}

^{1,2,3} Pendidikan Teknik Otomasi Industri Dan Robotika, Fakultas Pendidikan Teknologi Dan Industri Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr. Setiabudhi No.299 Bandung 40154 Jawa Barat – Indonesia Telp. 022-2013163
raihannurhakim@upi.edu¹, fadlikaardiansyah@upi.edu², Muhammad.adli.riz@upi.edu^{3*}

Abstrak – Penelitian ini mengkaji perancangan dan implementasi algoritma penentuan ambang batas pada sensor infrared untuk robot pengikut garis. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan akurasi pendeteksian jalur robot dalam berbagai kondisi pencahayaan, serta menyempurnakan respon robot terhadap perubahan posisi dan intensitas cahaya. Sistem ini menggunakan kalibrasi ADC (Analog-to-Digital Converter) berbasis ambang batas untuk mengoptimalkan kinerja sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu beroperasi dengan baik pada kondisi pencahayaan terang (610 Lux) hingga redup (420 Lux), dengan nilai ADC yang bervariasi berdasarkan gerakan robot, seperti bergerak maju, berbelok, dan berhenti. Algoritma yang diimplementasikan memungkinkan penyesuaian secara real-time terhadap nilai sensor, meningkatkan kemampuan robot untuk mengikuti jalur dengan akurat. Dengan demikian, metode kalibrasi dan perancangan algoritma yang diterapkan terbukti efektif dalam menjaga performa robot pengikut garis di berbagai kondisi lingkungan.

Kata Kunci: Kalibrasi ADC, Ambang Batas Robot, Pengikut Garis Sensor Infrared, Algoritma Kontrol Penyempurnaan Sistem.

Abstract – This study examines the design and implementation of a threshold determination algorithm for infrared sensors for line-following robots. The main goal of this study is to improve the accuracy of robot path detection in various lighting conditions, as well as improve the robot's response to changes in light position and intensity. The system uses threshold-based ADC (Analog-to-Digital Converter) calibration to optimize sensor performance. The test results show that the robot is able to operate well in bright (610 Lux) to dim (420 Lux) lighting conditions, with ADC values varying based on the robot's movements, such as moving forward, turning, and stopping. The implemented algorithm allows for real-time adjustments to the sensor values, improving the robot's ability to follow the path accurately. Thus, the calibration method and algorithm design applied have proven to be effective in maintaining robot.

Keywords: ADC calibration, robot threshold, infrared sensor line follower, system enhancement control algorithm.

1. Pendahuluan

Teknologi robotika terus berkembang pesat [1], [2] dan memberikan kontribusi signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, salah satunya adalah dalam bidang otomatisasi [3]. Line follower adalah salah satu jenis robot yang dirancang untuk mengikuti jalur atau garis tertentu secara otomatis. Robot ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem transportasi otomatis, industri manufaktur, dan pendidikan. Pentingnya penelitian ini terletak pada



pengembangan algoritma yang tepat dan efisiensi dalam pemrosesan sinyal dari sensor-sensor yang digunakan untuk mendeteksi jalur.

Banyak penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja robot line follower, dengan fokus pada berbagai pendekatan yang dapat mengoptimalkan kemampuan robot dalam mengikuti jalur. Saat ini, metode yang paling banyak digunakan mencakup kontrol PID, logika fuzzy, dan algoritma optimasi. Metode-metode ini dikenal karena efisiensinya dalam menghadapi tantangan yang berbeda dalam lingkungan robotik.

Kontrol PID, misalnya, dikenal karena kemampuannya dalam menyesuaikan parameter kontrol secara dinamis berdasarkan umpan balik dari sensor, yang memungkinkan robot untuk mengikuti jalur dengan lebih stabil. Penelitian [4], [5] [6] menunjukkan bahwa penggunaan PID dalam kontrol robot line follower secara signifikan meningkatkan stabilitas dan mengurangi deviasi jalur pada berbagai kondisi permukaan. Selain itu, kemajuan terbaru dalam teknik tuning PID otomatis semakin memperluas aplikasi metode ini dalam sistem robotik. Sementara itu, terdapat penelitian tentang penerapan logika fuzzy untuk memperoleh respons akselerometer yang baik dan tanpa gangguan pada robot line follower. Penelitian yang dilakukan oleh Ali Sanjaya dkk. dengan judul "Memanfaatkan Metode Logika Fuzzy Bersama dengan Akselerometer dan Girooskop" menunjukkan bahwa robot berhasil menyeimbangkan dirinya sendiri meskipun terdapat gangguan [7]. Logika fuzzy terus mendapatkan perhatian karena fleksibilitasnya dalam menghadapi ketidakpastian sistem, yang memungkinkan respons kontrol lebih adaptif pada kondisi lingkungan yang dinamis. Di sisi lain, metode optimasi seperti Ant Colony Optimization (ACO) dan Algoritma Bellman-Ford telah diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pencarian jalur terpendek pada robot mobile [8]. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode ACO berhasil memungkinkan robot untuk secara akurat menentukan jalur terpendek. Percobaan sebanyak 20 kali menghasilkan jalur optimal dengan panjang total 213 cm, probabilitas 3,239, dan waktu tempuh sekitar 14 hingga 17 detik. Hasil ini menegaskan peran penting ACO dalam pengambilan keputusan navigasi di persimpangan jalan yang kompleks. ACO dan algoritma optimasi lainnya seperti Particle Swarm Optimization (PSO) kini menjadi pilihan populer dalam mengatasi permasalahan navigasi berbasis pencarian jalur terpendek dan optimasi lintasan. Selain itu, Algoritma Bellman-Ford juga terbukti sebagai alternatif yang efektif, dengan kemampuannya menghasilkan total jarak dari titik awal hingga tujuan. Kombinasi dari algoritma optimasi dengan kecerdasan buatan seperti pembelajaran mesin (machine learning) juga mulai diterapkan secara luas, menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja robot line follower secara keseluruhan.

Namun, pada penelitian ini, fokus utama adalah pada kalibrasi ADC berbasis ambang batas dan penyempurnaan algoritmik dalam robot pengikut garis. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan peningkatan pada deteksi sensorik dan pengambilan keputusan robot saat mengikuti jalur, terutama dalam kondisi lingkungan yang dinamis. Kalibrasi berbasis ambang batas memungkinkan sensor untuk bekerja dengan lebih akurat dalam mendeteksi perubahan intensitas garis, sementara penyempurnaan algoritmik bertujuan meningkatkan respons sistem dalam berbagai skenario operasional. Dengan pendekatan ini, penelitian ini berupaya memberikan solusi yang lebih optimal dalam meningkatkan kinerja robot line follower dibandingkan metode yang ada.

2. Metode Penelitian

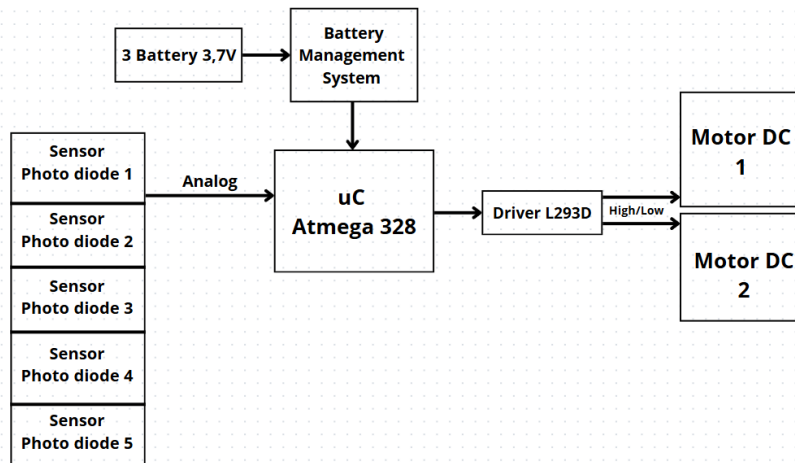
Penelitian ini memfokuskan pada dua aspek utama. Pertama, penelitian ini mengkaji perancangan sistem sensor infrared untuk pembacaan ADC (Analog-to-Digital Converter) pada robot line follower. Fokus utama pada bagian ini adalah bagaimana sensor infrared dapat digunakan secara efektif untuk mengukur nilai ADC, yang merupakan kunci dalam mendeteksi garis dan menentukan posisi robot. Kedua, penelitian ini mengevaluasi sistem yang dirancang, khususnya algoritma kode yang diterapkan, untuk memastikan bahwa robot line follower

berfungsi dengan tepat sesuai dengan tujuannya. Hal ini mencakup pengujian dan penyempurnaan algoritma agar robot dapat mengikuti garis dengan akurat dan efisien.

2.1. Sistem Line Follower

Robot line follower (LF) merupakan robot yang dapat bergerak secara otomatis tanpa intervensi manusia, namun tetap membutuhkan panduan berupa garis. Prinsip kerja dasar dari robot line follower adalah mendeteksi perbedaan antara warna gelap dan terang pada permukaan lantai atau arena [9], [10]. Warna gelap, seperti hitam, biasanya tidak memantulkan cahaya, sementara warna terang, seperti putih, mampu memantulkan cahaya. Perbedaan ini digunakan sebagai panduan bagi robot line follower untuk mengikuti jalur yang telah ditentukan. Robot jenis ini terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu line follower analog dan digital. Line follower analog adalah robot yang tidak memerlukan pemrograman berbasis software, sedangkan line follower digital menggunakan software dalam proses pemrogramannya.

Sistem robot line follower terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis untuk mendeteksi dan mengikuti garis pada permukaan. Blok diagram pada Gambar 1. menunjukkan sistem robot line follower yang menggunakan mikrokontroler ATmega 328 sebagai pusat kendali, dengan beberapa komponen penting yang terhubung secara langsung. Sistem robot line follower ini ditenagai oleh tiga baterai berkapasitas 3.7V yang terhubung secara seri, sehingga menghasilkan total tegangan 11.1V ($3.7V \times 3$). Baterai-baterai ini kemudian terhubung ke Battery Management System (BMS) yang bertugas mengatur distribusi daya secara efisien, melindungi komponen dari kerusakan akibat kelebihan beban, serta memastikan pengoperasian yang optimal. Mikrokontroler ATmega 328 bertindak sebagai pusat kendali dari seluruh sistem, menerima input dari lima sensor photodiode yang mendeteksi perbedaan intensitas cahaya antara garis hitam dan putih pada permukaan. Data dari sensor-sensor ini kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan arah dan kecepatan robot. Sinyal output dari mikrokontroler dikirim dalam bentuk sinyal high/low ke dua motor DC yang berfungsi menggerakkan robot. Kombinasi pengaturan pada motor ini memungkinkan robot untuk bergerak maju, berbelok, atau menyesuaikan arah sesuai dengan data yang diterima dari sensor.



Gambar 14. Blok diagram sistem

2.2. Perancangan Sensor Garis

Sensor adalah perangkat yang berfungsi mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga informasi tersebut dapat dianalisis dengan menggunakan rangkaian listrik tertentu. Dalam perancangan ini, jenis sensor yang digunakan adalah sensor infrared, yang terdiri dari dua komponen utama: infrared transmitter dan infrared receiver. Infrared transmitter berfungsi

sebagai pemancar cahaya infrared, sedangkan infrared receiver berfungsi untuk menerima cahaya yang dipantulkan oleh objek atau permukaan di sekitarnya.

Spesifikasi dari infrared transmitter dan infrared receiver yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Infrared transmitter yang digunakan memerlukan tegangan maju 1.2V sampai 1.45V, serta memiliki konsumsi arus maksimal sebesar 100mA. Sedangkan infrared receiver memiliki spesifikasi sebagai berikut: photocurrent sebesar 4 μA (mikroampere), yaitu arus yang dihasilkan receiver ketika terkena cahaya infrared, dan dark current sebesar 10 nA (nanoampere), yaitu arus kecil yang ada ketika tidak ada cahaya. Dark current ini tidak perlu dipertimbangkan dalam perhitungan resistor normal.

Tabel 1. Spesifikasi Sensor Transmitter

No	Nama Spesifikasi	Detail
1	Type	IR
2	Wavelength	850nm – 940nm
3	Voltage - Forward (Vf) (Typ)	1.2V – 1.45V
4	Current - DC Forward (If) (Max)	100mA
5	Viewing Angle	20 – 60
6	Mounting Type	Through Hole

Tabel 2. Spesifikasi Sensor Receiver

No	Nama Spesifikasi	Detail
1	Peak Wavelength	940 nm
2	Dark Current	10 nA
3	Vr - Reverse Voltage	32V
4	Rise Time	6 ns
5	Fall Time	6ns Maximum
6	Operating Temperature	+85°C Minimum
7	Operating Temperature	-25°C Pd - Power
8	Dissipation	150 mW
9	Photocurrent	4 μA

Dalam rancangan sensor pembacaan permukaan, dibutuhkan resistor tertentu untuk mengoptimalkan pembacaan. Untuk menentukan nilai resistor yang terhubung dengan infrared transmitter, digunakan persamaan berikut:

Pertama tentukan tegangan resistor (V_{res}):

$$V_{res} = V_{dc} - V_f \tag{1}$$

Dengan sumber tegangan (V_{dc}) sebesar 5V dan tegangan maju (V_f) sebesar 1,35V (nilai rata-rata), maka:

$$V_{res} = 5V - 1,35V = 3,65V \tag{2}$$

Kemudian, hitung nilai resistor menggunakan hukum Ohm:

$$R = \frac{V_{res}}{I} \tag{3}$$

Dengan arus maksimum (I_f) sebesar 0,1A (100mA), maka:

$$R = \frac{3,65V}{0,1A} = 365\Omega \quad (4)$$

Nilai resistor yang terhitung adalah 36,5 Ω . Anda dapat memilih resistor dengan nilai mendekati 36,5 Ω , atau memilih resistor dengan nilai 100 Ω , yang lebih umum tersedia di pasaran. Selanjutnya, tentukan resistor untuk bagian yang terhubung dengan receiver. Resistor yang terhubung dengan infrared receiver tidak perlu dihitung berdasarkan tegangan resistor dari arus biasa. Sebaliknya, kita menggunakan arus photocurrent untuk menentukan nilai resistor.

Untuk receiver, kita lebih fokus pada sinyal yang diterima dan bagaimana sinyal tersebut diproses. Receiver menghasilkan photocurrent yang sangat kecil (4 μA dalam hal ini), dan kita perlu memilih resistor yang sesuai untuk menurunkan tegangan dengan cara yang memungkinkan sinyal dari receiver dapat diproses oleh rangkaian berikutnya. Nilai tegangan resistor (V_{res}) yang digunakan adalah nilai target berdasarkan desain sistem untuk memproses sinyal dengan baik. Jadi, untuk menemukan nilai resistor ditentukan dengan langkah-langkah berikut:

Pertama tentukan tegangan Resistor (V_{res}):

Pilih nilai tegangan drop yang memadai berdasarkan desain sistem. Misalnya, jika kita ingin resistor menurunkan tegangan sebesar 1V untuk pemrosesan sinyal.

Lalu hitung nilai resistor menggunakan hukum Ohm:

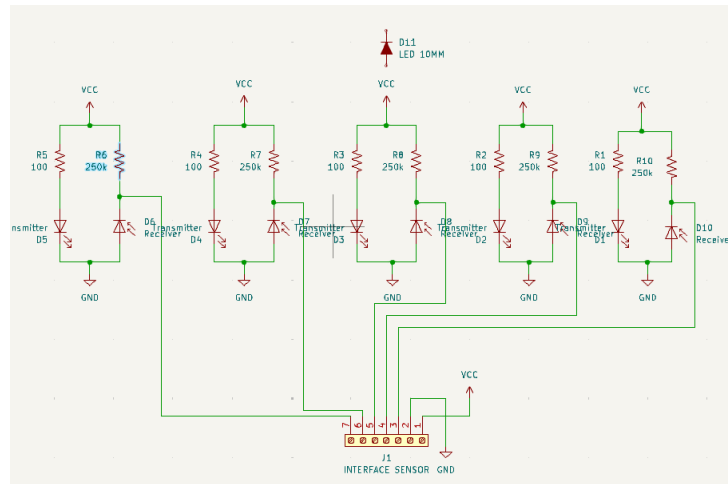
$$R = \frac{1V}{4 \times 10^{-6}A} = 250k\Omega \quad (5)$$

Nilai resistor yang terhitung adalah 250 k Ω . Anda dapat memilih resistor dengan nilai mendekati 250 k Ω dari komponen yang tersedia di pasaran, seperti 220 k Ω atau 330 k Ω .

Setelah nilai resistor ditemukan, langkah selanjutnya adalah menyusun rancangan sesuai dengan nilai yang telah dihitung. Dalam rancangan ini, digunakan resistor dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Resistor sebesar 100 Ω yang terhubung dengan infrared transmitter.
- Resistor sebesar 250 k Ω yang terhubung dengan infrared receiver.

Skematik rancangan ditampilkan pada Gambar 2, yang menunjukkan konfigurasi komponen dalam sistem sensor. Kemudian detail desain PCB, yang ditampilkan pada Gambar 3, mengilustrasikan bahwa infrared transmitter ditempatkan di bagian depan, sementara infrared receiver berada di bagian belakang untuk pembacaan permukaan. Sistem ini terdiri dari lima sensor yang diletakkan sejajar. Output dari masing-masing sensor dihubungkan ke mikrokontroler Atmega328 pada pin analog untuk diolah menggunakan ADC. Kemudian, terdapat sebuah LED berukuran 10 mm yang berfungsi sebagai penyangga untuk menjaga jarak tetap antara infrared dan permukaan. Tujuan penggunaan penyangga ini adalah agar infrared dapat mempertahankan jarak optimal dalam tugasnya membaca permukaan dengan akurat.



Gambar 15 Konfigurasi skematik rancangan sensor



Gambar 16 Design PCB Sensor Pembacaan ADC

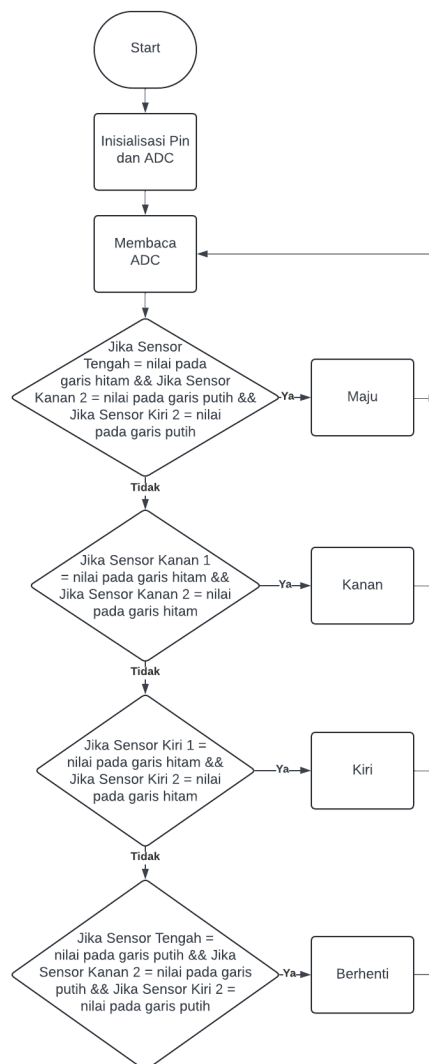
2.3. Perancangan Algoritma Robot Line Follower

Alur flowchart dari line follower yang dikembangkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan flowchart tersebut, setelah sistem dimulai, mikrokontroler akan menginisialisasi port dan ADC. Setelah inisialisasi, dalam loop utama, mikrokontroler membaca nilai dari lima sensor yang terhubung. Berdasarkan nilai yang diperoleh dari sensor, mikrokontroler akan menentukan tindakan yang sesuai: maju, berhenti, belok kanan, atau belok kiri. Proses ini akan terus berlangsung selama sistem aktif, memastikan bahwa robot bergerak sesuai dengan informasi yang diterima dari sensor.

Program dirancang untuk tetap berada dalam loop utama, mengontrol gerakan robot secara berkelanjutan berdasarkan pembacaan sensor. Flowchart ini menggambarkan alur kerja sistem yang menggunakan sensor untuk mendeteksi garis hitam dan putih, kemudian menentukan tindakan robot berdasarkan hasil deteksi tersebut.

Proses dimulai dengan inialisasi pin dan ADC (Analog-to-Digital Converter) untuk memungkinkan sistem membaca data dari sensor. Setelah itu, sistem membaca nilai ADC dari sensor yang telah diinisialisasi. Berdasarkan data yang diperoleh, sistem akan mengambil keputusan. Misalnya, jika sensor tengah mendeteksi garis hitam dan kedua sensor di kanan serta kiri mendeteksi garis putih, robot akan bergerak maju. Jika kedua sensor di kanan mendeteksi garis hitam, robot akan berbelok ke kanan. Jika kedua sensor di kiri mendeteksi garis hitam, robot akan berbelok ke kiri. Namun, jika semua sensor mendeteksi garis putih, robot akan berhenti.

Setelah setiap keputusan diambil, sistem akan mengulang proses dengan membaca kembali nilai ADC, menciptakan siklus yang terus berulang hingga sistem dihentikan.



Gambar 17. Alur Sistem Line Follower

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, hasil dari pengujian robot line follower yang telah dirancang dan diimplementasikan dijelaskan secara rinci. Pengujian dilakukan dengan mengukur respons sensor di berbagai kondisi pencahayaan (terang, sedang, dan redup) serta pada berbagai posisi pergerakan robot (maju, belok kanan, belok kiri, dan berhenti). Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan sensor dalam mendeteksi garis hitam di berbagai skenario lingkungan.

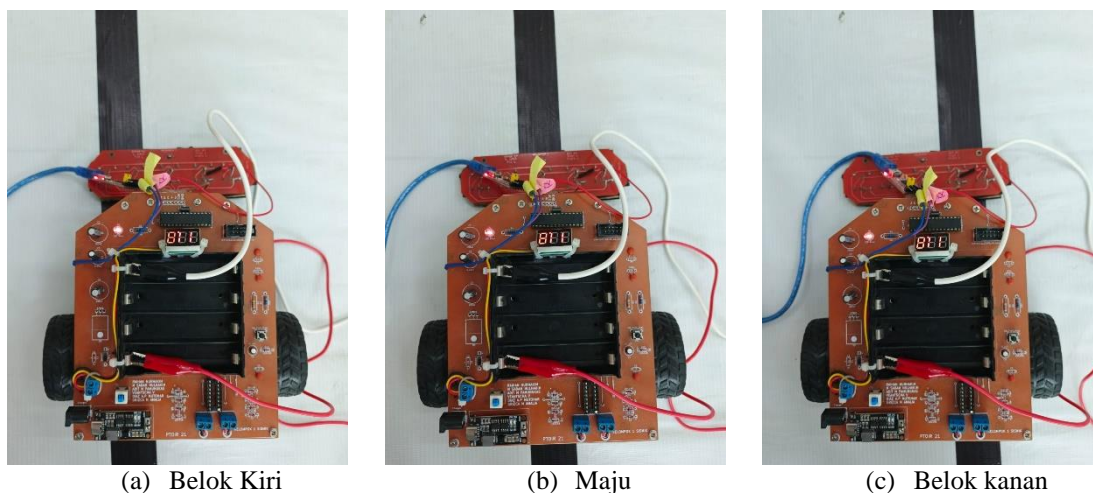
Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk melihat seberapa responsif sensor terhadap perubahan permukaan yang terdeteksi, dan bagaimana variasi pencahayaan mempengaruhi pembacaan sensor serta keputusan yang diambil oleh sistem kontrol robot. Hal ini penting karena robot line follower sering beroperasi di lingkungan yang pencahayaannya tidak selalu seragam. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang performa sistem, serta bagaimana setiap sensor berkontribusi dalam pengambilan keputusan arah pergerakan robot.

Pengujian pembacaan nilai ADC pada sensor line follower dilakukan dengan mempertimbangkan dua variabel yang akan diubah beberapa kali, yaitu posisi pembacaan sensor dan kondisi pencahayaan ruangan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sensor dapat mendeteksi garis dengan akurat dalam berbagai skenario.

Pengujian posisi sensor dilakukan berdasarkan asumsi empat skenario utama, yaitu:

- Maju: Semua sensor berada di atas garis putih, robot bergerak lurus diperlihatkan pada Gambar 5(b).
- Belok Kanan: Sensor paling kanan mendeteksi garis hitam, yang diasumsikan sebagai sinyal untuk berbelok ke kanan diperlihatkan pada Gambar 5(c).
- Belok Kiri: Sensor paling kiri mendeteksi garis hitam, yang diasumsikan sebagai sinyal untuk berbelok ke kiri diperlihatkan pada Gambar 5(a).
- Berhenti: Semua sensor mendeteksi garis hitam, yang diasumsikan sebagai sinyal untuk menghentikan robot.

Gambar 5 (a-c) menggambarkan bagaimana setiap kondisi sensor diinterpretasikan dan bagaimana pergerakan robot disesuaikan dengan kondisi tersebut.



(a) Belok Kiri

(b) Maju

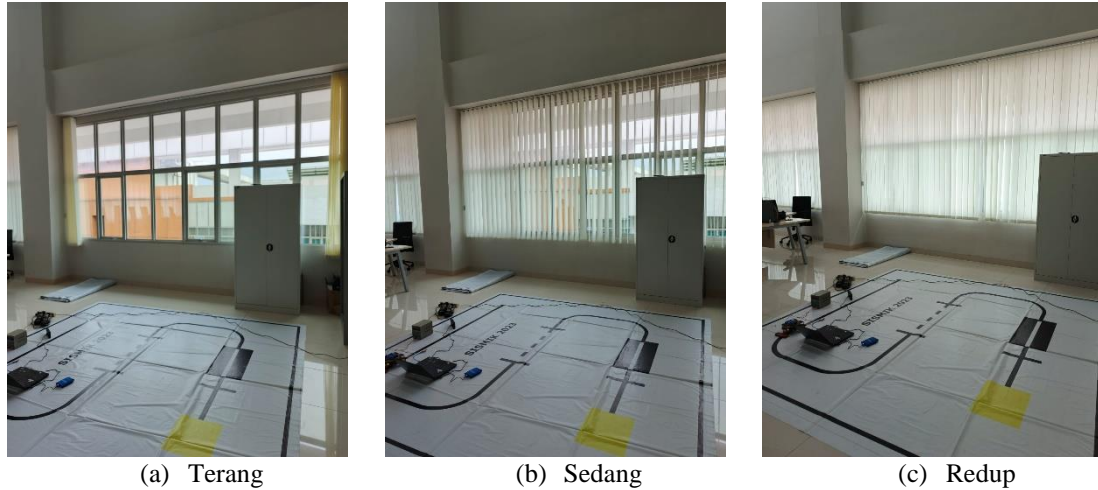
(c) Belok kanan

Gambar 18. Posisi pembacaan sensor terhadap permukaan

Kondisi pencahayaan ruangan juga divariasikan menjadi tiga mode untuk menguji sensitivitas sensor terhadap perubahan intensitas cahaya, yaitu:

- Terang: Tirai dibuka sepenuhnya, sehingga cahaya matahari masuk maksimal tanpa ada penghalang. Kondisi ini menyerupai situasi di siang hari dengan pencahayaan optimal diperlihatkan pada Gambar 6(a).
- Sedang: Tirai dibuka setengah, membiarkan cahaya masuk sebagian, sehingga ruangan berada dalam kondisi pencahayaan sedang diperlihatkan pada Gambar 6(b).
- Redup: Tirai ditutup sepenuhnya untuk memblokir cahaya dari luar semaksimal mungkin, meskipun siang hari, sehingga ruangan menjadi lebih gelap diperlihatkan pada Gambar 6(c).

Gambar 6 (a-c) menunjukkan pengujian sensor dalam setiap kondisi pencahayaan tersebut.



Gambar 6. Kondisi pencahayaan ruangan

Dengan memvariasikan beberapa kondisi, diperoleh hasil pengujian yang dirangkum dalam Tabel 3. Tabel hasil pengujian ini menunjukkan pembacaan lima sensor ADC pada berbagai posisi robot di bawah kondisi pencahayaan yang berbeda. Data yang disajikan mencakup nilai lux dari pencahayaan ruangan serta nilai output dari masing-masing sensor saat robot berada dalam posisi maju, berbelok, atau berhenti.

Tabel 3. Hasil Pengujian

No	Posisi Sensor Line Follower	Kondisi Pencahayaan	Nilai Lux Pada Ruangan	Nilai 5 Sensor ADC				
				ADC0	ADC1	ADC2	ADC3	ADC4
1	Maju	Terang	610Lux	832	907	925	996	927
2	Belok kanan	Terang	610Lux	811	987	990	929	924
3	Belok kiri	Terang	610Lux	960	908	919	930	994
4	Berhenti	Terang	610Lux	836	909	914	934	928
5	Maju	Sedang	420Lux	821	902	920	993	923
6	Belok kanan	Sedang	420Lux	845	990	988	925	917
7	Belok kiri	Sedang	420Lux	967	912	927	931	998
8	Berhenti	Sedang	420Lux	836	909	917	935	927
9	Maju	Redup	212Lux	860	907	926	998	927
10	Belok kanan	Redup	212Lux	854	990	968	928	927
11	Belok kiri	Redup	212Lux	940	912	921	931	995
12	Berhenti	Redup	212Lux	850	907	924	931	926

Berdasarkan hasil pengujian yang dirangkum dalam Tabel 3, terlihat bahwa setiap kondisi pencahayaan mempengaruhi pembacaan nilai ADC dari kelima sensor. Pengujian dilakukan pada tiga tingkat pencahayaan, yaitu terang, sedang, dan redup, dengan masing-masing skenario posisi robot: maju, berbelok kanan, berbelok kiri, dan berhenti.

Nilai lux yang tercatat dalam tabel mencerminkan intensitas cahaya di ruangan pada setiap kondisi, yang berpengaruh pada sensitivitas sensor dalam mendeteksi garis hitam. Pada

kondisi pencahayaan terang, pembacaan sensor lebih stabil dan konsisten, sedangkan pada kondisi redup, terdapat fluktuasi yang lebih besar pada nilai ADC.

Hasil pengujian ini memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang bagaimana sensor berinteraksi dengan lingkungannya. Dengan menganalisis data ini, ambang batas (threshold) yang optimal dapat ditentukan, sehingga algoritma kontrol robot dapat menyesuaikan pergerakan robot dengan tepat, baik saat robot harus bergerak lurus, berbelok, maupun berhenti. Threshold yang tepat akan memungkinkan robot untuk berfungsi secara andal di berbagai kondisi pencahayaan dan lingkungan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil menerapkan metode kalibrasi ADC berbasis ambang batas dan penyempurnaan algoritmik dalam robot pengikut garis. Dengan menggunakan sistem sensor infrared yang dikalibrasi secara tepat, robot dapat mendeteksi garis dengan lebih akurat di berbagai kondisi pencahayaan, termasuk terang, sedang, dan redup. Penggunaan ambang batas ADC memungkinkan sensor untuk bekerja dengan lebih efisien dalam membedakan antara permukaan gelap dan terang, yang sangat penting dalam pengambilan keputusan arah gerak robot. Algoritma yang dikembangkan juga mampu mengoptimalkan respons robot, baik ketika bergerak lurus, berbelok, maupun berhenti.

Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang dinamis dan berbagai skenario pergerakan robot. Peningkatan akurasi dan efisiensi sistem ini menegaskan pentingnya kalibrasi sensor berbasis ambang batas dan penyempurnaan algoritmik dalam meningkatkan performa robot line follower. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi robotika, khususnya untuk robot yang bergantung pada sensorik presisi tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada dosen pengampu mata kuliah Sismik yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang berharga selama perkuliahan. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa Pendidikan Teknik Otomasi Industri dan Robotika angkatan 21, khususnya kelompok satu, yaitu Raihan, Saddam, Veant, Grizca, Aditya, dan Diaz, yang telah bekerja sama sebagai tim yang solid. Berkat dukungan dan kerja keras semua pihak, penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- [1] F. Hartmann, M. Baumgartner, and M. Kaltenbrunner, "Becoming Sustainable, The New Frontier in Soft Robotics," *Adv. Mater.*, vol. 33, no. 19, 2021, doi: 10.1002/adma.202004413.
- [2] R. S. Batth, A. Nayyar, and A. Nagpal, "Internet of Robotic Things: Driving Intelligent Robotics of Future - Concept, Architecture, Applications and Technologies," *Proc. - 4th Int. Conf. Comput. Sci. ICCS 2018*, pp. 151–160, 2018, doi: 10.1109/ICCS.2018.00033.
- [3] D. A. Ayubi, D. A. Prasetya, and I. Mujahidin, "Pendeteksi Wajah Secara Real Time pada 2 Degree of Freedom (DOF) Kepala Robot Menggunakan Deep Integral Image Cascade," *Cyclotron*, vol. 3, no. 1, pp. 22–27, 2020, doi: 10.30651/cl.v3i1.4306.
- [4] A. S. Priambodo, A. Nasuha, and O. A. Dhewa, "Implementasi Integrasi dari Computer vision dan Kendali PID untuk Kendali Kecepatan Dinamis pada Robot Line follower Integrated Implementation of Computer vision and PID Control for Dynamic Speed Control of Line follower Robot," vol. 12, no. 1, 2024.
- [5] A. N. Albab and E. Rahmawati, "Rancang Bangun Sistem Navigasi Mobile Robot Berbasis Sensor Rotary Encoder Menggunakan Metode Odometri," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 08, no. 2017, pp. 23–27, 2019.
- [6] I. Riyanto, L. Margatama, R. Rizkia, and E. Marantika, "Robot Forklift Line Follower

- dengan Kendali PID dan Sensor Warna,” *urnal Ilm. Teknol. Energi, Teknol. Media Komun. dan Instrumentasi Kendali.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–16, 2021, [Online]. Available: <http://journal.univpancasila.ac.id/index.php/joule/>
- [7] A. Sanjaya, H. Mawengkang, S. Efendi, and M. Zarlis, “Stability of Line Follower Robots with Fuzzy Logic and Kalman Filter Methods,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1361, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012016.
- [8] A. Ihsan, T. A. Adlie, and S. Harliansyah, “Optimalisasi Pencarian Jalur Terpendek Mobile Robot dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO),” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 23, no. 1, pp. 39–54, 2024, doi: 10.31358/techne.v23i1.389.
- [9] R. T. Jurnal, “Simulasi Desain Skema Robot Line Follower Penyiram Tanaman Menggunakan Simulator Software Proteus 8,” *Petir*, vol. 10, no. 2, pp. 73–81, 2018, doi: 10.33322/petir.v10i2.26.
- [10] D. B. Susilo, H. Wibawanto, and A. Mulwinda, “Prototype Mesin Pengantar Barang Otomatis Menggunakan Load Cell Berbasis Robot Line Follower,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 23–29, 2018, doi: 10.15294/jte.v10i1.12277.