

PENGEMBANGAN SISTEM NAVIGASI DAN PENGENDALIAN ROBOT SEPAK BOLA BERODA UNTUK MENJEJAK MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO

Achmad Faisal Qhofari¹, Anang Habibi², Arman³

¹²³Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Islam Malang Jl. MT Haryono 193 Malang

Email : 22101053013@unisma.ac.id, ananghabibi@unisma.ac.id, arman@unisma.ac.id

Abstract

Using the YOLO (You Only Look Once) method for object identification and tracking in a simulated environment, this work focuses on creating a navigation and control system for a wheeled soccer robot. In order to track a ball in a simulated environment that closely resembles a real soccer match, the research attempts to enhance the robot's visual perception and autonomous navigation. In order to allow the robot to follow the location of the ball and approach it, the system combines YOLOv8s for real-time object identification with a Robot Operating System (ROS) and the Gazebo simulator. The tests' findings demonstrated that the devised system can reliably and precisely detect the ball at a distance of three meters, with a confidence score of 89.2%. The successful integration of the navigation and detection technologies enabled the robot to automatically modify its movement in response to the location of the ball. When starting parallel to the ball, the robot took an average of 6.09 seconds to reach the ball from a distance of 6 meters; when starting from the left or right side, the duration was 6.44 seconds.

Keywords— Soccer Robot, YOLOv8s, ROS-Gazebo, Real-time object detection, Navigation system

Abstraksi

Studi ini menggunakan algoritma YOLO (You Only Look Once) untuk mendeteksi dan memantau objek dalam lingkungan simulasi dan membangun sistem navigasi dan kontrol untuk robot sepak bola beroda. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan persepsi visual dan navigasi otonom robot ketika mereka melacak bola dalam simulasi yang meniru pertandingan sepak bola nyata. Dengan menggunakan YOLOv8s untuk deteksi objek secara real-time, sistem ini mengintegrasikannya dengan Robot Operating System (ROS) dan Gazebo simulator. Ini memungkinkan robot untuk melacak posisi bola dan bergerak ke arahnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat mendeteksi bola dengan akurat dan stabil dengan skor keyakinan 89,2% pada jarak tiga meter. Integrasi sistem deteksi dan navigasi berhasil, memungkinkan robot untuk secara otomatis menyesuaikan gerakannya sesuai dengan posisi bola. Robot membutuhkan waktu antara 6,09 detik saat mulai sejajar dengan bola dan 6,44 detik saat mulai dari sisi kiri atau kanan dari jarak 6 meter.

Kata Kunci— Robot Sepak bola, YOLOv8s, ROS-Gazebo, Deteksi objek real-time, Sistem navigasi.

I. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia mendukung inisiatif kreatif seperti Kontes Robot Indonesia (KRI) untuk menunjukkan kemajuan besar dalam teknologi robotika selama Revolusi Industri 4.0. Salah satu subdivisinya, Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI-B), bertujuan untuk mengembangkan robot sepak bola otonom yang memiliki roda untuk bergerak dan dapat bermain sepak bola secara otomatis tanpa bantuan

manusia. Robot-robot ini memiliki beberapa sensor, seperti kamera, yang membantu mereka mengidentifikasi lingkungan mereka dan menemukan objek penting, seperti bola, gawang, robot lawan, dan rekan satu tim.

Tantangan utama dalam pengembangan robot sepak bola adalah deteksi dan pelacakan objek secara real-time dengan akurasi tinggi. Keputusan strategis seperti menyerang, bertahan, atau melakukan umpan didasarkan pada data objek. Untuk mengatasi masalah ini, pendekatan deep learning menggunakan algoritma

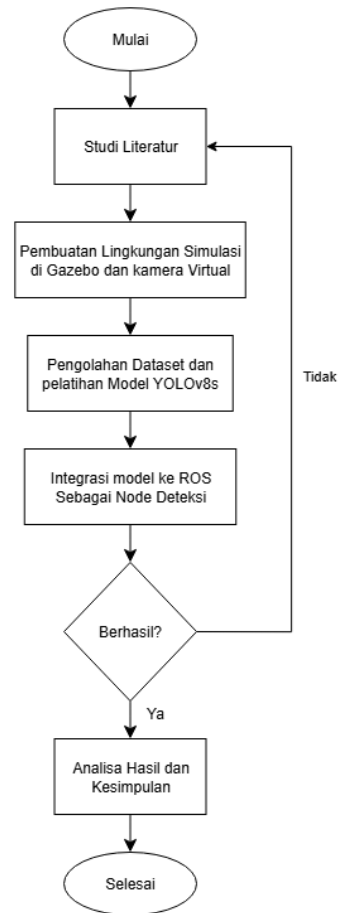
You Only Look Once (YOLO)[1], yang dikenal memiliki kecepatan inferensi yang lebih tinggi dan akurasi dalam mendeteksi objek. Versi terbaru, YOLOv8s, diharapkan dapat mendeteksi dan menjejak posisi bola dengan cepat.

Selain itu, pengujian sistem navigasi dan persepsi visual dilakukan secara simulasi menggunakan Robot Operating System (ROS)[2], yang terintegrasi dengan simulator Gazebo. Lingkungan ini menyediakan platform yang realistis dan aman untuk menguji algoritma tanpa mengganggu perangkat keras. Fokus penelitian ini adalah untuk membuat sistem navigasi dan kendali robot sepak bola beroda berbasis ROS-Gazebo yang dapat mengubah posisi bola secara real-time. Dengan mengintegrasikan sistem persepsi visual berbasis YOLOv8s, diharapkan robot ini dapat bergerak secara efisien dan sesuai dengan strategi permainan.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimental simulatif, di mana pengembangan dan pengujian sistem dilakukan dalam lingkungan simulasi menggunakan Sistem Operasi Robot (ROS) dan Gazebo. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan sistem untuk persepsi visual dan navigasi robot secara otonom saat menjejak bola, serta untuk menguji kinerja sistem dalam kondisi simulasi yang mirip dengan pertandingan robot sepak bola.



Gambar 1. Flowchart Alir Penelitian

Proses penelitian dan pengembangan sistem deteksi objek berbasis YOLOv8s yang diintegrasikan dengan Robot Operating System (ROS) dalam lingkungan simulasi Gazebo digambarkan dalam flowchart di atas. Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami konsep dasar deteksi objek, algoritma pengajaran mendalam, dan implementasi ROS dan simulator Gazebo dalam robotika. Tahap ini penting untuk menentukan pendekatan yang sesuai. Selanjutnya, Gazebo membuat lingkungan simulasi virtual dengan arena, model robot, dan kamera virtual untuk meniru kondisi lapangan yang nyata.

Pengolahan dataset dan pelatihan model YOLOv8s dilakukan setelah lingkungan simulasi selesai. Ini dilakukan dengan data yang sesuai dengan kondisi di lapangan robot sepak bola, seperti gambar bola dari berbagai sudut dan pencahayaan. Selanjutnya, model yang telah dilatih diintegrasikan ke dalam ROS sebagai node deteksi. Ini memiliki kemampuan untuk menerima input dari kamera virtual dan mengeluarkan output yang menunjukkan posisi objek yang terdeteksi.

Setelah integrasi selesai, sistem diuji untuk mengetahui seberapa baik deteksi objek secara real-time di simulasi. Jika proses tidak berhasil, dilakukan iterasi untuk memperbaiki dan menguji lagi. Jika proses berhasil, langkah berikutnya adalah analisis hasil, di mana kinerja sistem dinilai berdasarkan kecepatan,

akurasi, dan kestabilan deteksi dalam berbagai situasi. Penarikan kesimpulan dari proses secara keseluruhan digunakan sebagai dasar untuk pengembangan di masa mendatang.

B. ROS

Perangkat lunak bernama Robot Operating System (ROS) adalah perangkat lunak open source yang memiliki kemampuan untuk secara fleksibel melakukan simulasi robot. ROS menyediakan berbagai alat dan library untuk membantu dalam pengembangan robot, mulai dari perancangan hingga pembuatan perilaku mereka.

lunak simulasi sampai tools dan library karena membuat perangkat lunak untuk robot yang kompleks sangat sulit. Dari sudut pandang robot, masalah yang sebenarnya sangat sederhana bagi manusia kerap kali menjadi sangat kompleks apabila akan dijalankan oleh sebuah robot. Oleh karena itu untuk menangani kompleksitas perancangan sebuah robot ROS memberikan perangkat lunak ini secara gratis (open source)

C. YOLO

You Only Look Once (YOLO) adalah evolusi dari Convolutional Neural Network (CNN). Algoritma ini dibuat untuk pengenalan objek secara real-time yang memungkinkan YOLO memproses gambar dengan kecepatan 45 frame per second (FPS). Classifier atau lokalizer yang diadaptasi digunakan untuk mendeteksi. Model diterapkan pada gambar dengan berbagai skala dan lokasi. Area yang menerima skor tertinggi dianggap sebagai objek yang terdeteksi[3].

Versi terbaru dari algoritma ini adalah YOLOv8, yang dikembangkan oleh Ultralytics. YOLOv8 membawa peningkatan signifikan dalam hal akurasi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Model ini telah dioptimalkan untuk berbagai tugas computer vision seperti deteksi objek, segmentasi, dan klasifikasi[4].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

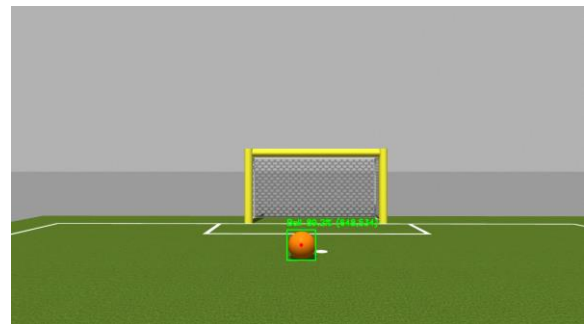
Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi bola yang telah dikembangkan yang berbasis YOLOv8. Ini juga akan memastikan bahwa sistem tersebut dapat beroperasi secara optimal dan menghasilkan deteksi yang akurat sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian dilakukan dalam berbagai tahap, yang mencakup setiap komponen utama dari sistem penglihatan robot berbasis simulasi. Tahap terakhir mencakup integrasi penuh ke dalam lingkungan sistem pengoperasian robot (ROS).

1. Pengujian Sistem Deteksi Objek Secara Real-Time Menggunakan Kamera Virtual

Tujuan dari tahap pengujian ini adalah untuk menilai kinerja sistem deteksi bola secara real-time yang menggunakan model YOLOv8s yang telah dilatih sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan kamera

virtual yang dipasang pada robot di lingkungan simulasi Gazebo dan mengirimkan gambar ke model deteksi secara langsung. Diharapkan sistem ini dapat mengenali keberadaan bola dengan akurasi tinggi dan latensi rendah untuk membantu proses navigasi robot secara otomatis dan responsif.

Pengujian dimulai dengan mengaktifkan node kamera virtual di ROS, yang mengirimkan data gambar ke topik `/final/camera1/image_raw`. Kemudian, dengan menggunakan `cv_bridge`, data gambar diubah ke format yang sesuai dengan model deteksi. Pustaka Ultralytics digunakan untuk mengimpor model YOLOv8 yang telah dilatih sebelumnya dan dijalankan dalam mode inference secara real-time.



Gambar 2. Tampilan Deteksi Bola YOLOv8s

Hasil deteksi bola secara real-time ditampilkan pada Gambar 2. Dimulai dengan kamera virtual yang dipasang pada robot, proses deteksi menghasilkan gambar yang diproses oleh model YOLOv8, yang menghasilkan kotak pembatas (bounding box) dan label pada objek bola. Pada pengujian ini, model menemukan bola dengan skor keyakinan 89,2% pada jarak sekitar tiga meter antara robot dan bola. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem mendeteksi bola dengan sangat akurat dan stabil di lingkungan simulasi dalam berbagai posisi dan kondisi pencahayaan.

2. Pengujian Integrasi YOLOv8 dengan Robot untuk Menjejak Bola

Tujuan dari tahap akhir pengujian adalah untuk mengevaluasi kinerja integrasi antara sistem deteksi bola berbasis YOLOv8s dan sistem navigasi dan pengendalian robot di lingkungan simulasi ROS-Gazebo. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai kemampuan robot untuk secara otomatis mengidentifikasi posisi bola dan mengarahkan dirinya secara tepat, stabil, dan responsif untuk menghampiri bola.

Simulasi dilakukan di lingkungan virtual yang menyerupai lapangan sepak bola mini 6 meter x 9 meter. Model bola yang digunakan, yang memiliki diameter 0.2 meter, dan diberi warna oranye terang untuk kontras dengan latar simulasi, menggunakan meter yang sesuai dengan standar ROS dan Gazebo.

Selama setiap pengujian, bola tetap berada di tengah lapangan, tetapi posisi awal robot berubah untuk melihat respons sistem dari berbagai sudut dan jarak. Tiga posisi utama posisi awal robot adalah

1. Posisi sejajar dengan bola,
2. Posisi di sebelah kiri bola, dan
3. Posisi di sebelah kanan bola.

Variasi ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem untuk mengidentifikasi bola dan merencanakan pergerakan yang tepat. Semua tes dilakukan dalam simulasi.

A. Posisi sejajar dengan bola

Uji coba digunakan untuk mengetahui berapa lama robot menghampiri bola, Gambar 3 adalah proses pengambilan data dengan jarak robot ke bola 6 meter.



Gambar 3. Pengujian Jarak Robot ke Bola 6 meter

Tabel 1 Pengujian Jarak Robot ke Bola 6 meter

Pengujian ke-	Jarak Robot ke Bola (meter)	waktu yang dibutuhkan (detik)	Kecepatan robot (m/s)
Pengujian ke-1	6	6,06	1
Pengujian ke-2	6	6,17	1
Pengujian ke-3	6	6,03	1
Pengujian ke-4	6	6,05	1
Pengujian ke-5	6	6,03	1
Pengujian ke-6	6	6,06	1
Pengujian ke-7	6	6,04	1
Pengujian ke-8	6	6,09	1
Pengujian ke-9	6	6,08	1
Pengujian ke-10	6	6,13	1

Pengujian ke-11	6	6,16	1
Pengujian ke-12	6	6,07	1
Pengujian ke-13	6	6,09	1
Pengujian ke-14	6	6,13	1
Pengujian ke-15	6	6,11	1
Pengujian ke-16	6	6,03	1
Pengujian ke-17	6	6,05	1
Pengujian ke-18	6	6,03	1
Pengujian ke-19	6	6,06	1
Pengujian ke-20	6	6,04	1

Untuk mengetahui berapa lama robot membutuhkan waktu untuk menghampiri bola di lingkungan simulasi Gazebo menggunakan sistem deteksi YOLOv8s, pengujian yang dilakukan sebanyak dua puluh kali ditunjukkan pada Tabel 1 Waktu rata-rata penghampiran adalah 6,09 detik, yang menunjukkan bahwa respons sistem cukup cepat untuk menjejak bola secara otomatis.

B. Posisi di sebelah kiri bola

Uji coba digunakan untuk mengetahui berapa lama robot menghampiri bola, Gambar 4 adalah proses pengambilan data dengan jarak robot ke bola 6 meter Dari Sisi Kiri Bola.



Gambar 4. Pengujian Jarak Robot ke Bola 6 meter Dari Sisi Kiri Bola

Tabel 2 Pengujian Jarak Robot ke Bola 6 meter Dari Sisi Kiri Bola

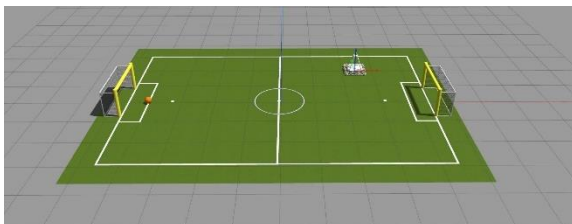
Pengujian ke-	Jarak Robot ke Bola x dan y (meter)	waktu yang dibutuhkan (detik)	Kecepatan robot (m/s)
Pengujian ke-1	(-2,6)	6,46	1
Pengujian ke-2	(-2,6)	6,41	1
Pengujian ke-3	(-2,6)	6,44	1

ke-3			
Pengujian ke-4	(-2,6)	6,47	1
Pengujian ke-5	(-2,6)	6,42	1
Pengujian ke-6	(-2,6)	6,48	1
Pengujian ke-7	(-2,6)	6,43	1
Pengujian ke-8	(-2,6)	6,41	1
Pengujian ke-9	(-2,6)	6,46	1
Pengujian ke-10	(-2,6)	6,47	1
Pengujian ke-11	(-2,6)	6,49	1
Pengujian ke-12	(-2,6)	6,4	1
Pengujian ke-13	(-2,6)	6,42	1
Pengujian ke-14	(-2,6)	6,45	1
Pengujian ke-15	(-2,6)	6,48	1
Pengujian ke-16	(-2,6)	6,41	1
Pengujian ke-17	(-2,6)	6,47	1
Pengujian ke-18	(-2,6)	6,49	1
Pengujian ke-19	(-2,6)	6,4	1
Pengujian ke-20	(-2,6)	6,44	1

Pada Tabel 2, dilakukan pengujian sebanyak 20 kali untuk mengukur waktu yang dibutuhkan robot dalam menghampiri bola menggunakan sistem deteksi YOLOv8s di lingkungan simulasi Gazebo. Dari pengujian tersebut, diperoleh rata-rata waktu penghampiran sebesar 6,44 detik, yang menunjukkan respons sistem cukup cepat dalam menjejak bola secara otomatis

C. Posisi di sebelah kanan bola

Uji coba digunakan untuk mengetahui berapa lama robot menghampiri bola, Gambar adalah proses pengambilan data dengan jarak robot ke bola 6 meter Dari Sisi Kanan Bola



Gambar 5. Pengujian Jarak Robot ke Bola 6 meter Dari Sisi Kiri Bola

Tabel 3. Pengujian Jarak Robot ke Bola 6 meter Dari Sisi Kanan Bola

Pengujian ke-	Jarak Robot ke Bola x dan y (meter)	waktu yang dibutuhkan (detik)	Kecepatan robot (m/s)
Pengujian ke-1	(2,6)	6,41	1
Pengujian ke-2	(2,6)	6,47	1
Pengujian ke-3	(2,6)	6,45	1
Pengujian ke-4	(2,6)	6,50	1
Pengujian ke-5	(2,6)	6,44	1
Pengujian ke-6	(2,6)	6,41	1
Pengujian ke-7	(2,6)	6,48	1
Pengujian ke-8	(2,6)	6,42	1
Pengujian ke-9	(2,6)	6,43	1
Pengujian ke-10	(2,6)	6,46	1
Pengujian ke-11	(2,6)	6,51	1
Pengujian ke-12	(2,6)	6,40	1
Pengujian ke-13	(2,6)	6,43	1
Pengujian ke-14	(2,6)	6,48	1
Pengujian ke-15	(2,6)	6,41	1
Pengujian ke-16	(2,6)	6,44	1
Pengujian ke-17	(2,6)	6,42	1
Pengujian ke-18	(2,6)	6,47	1
Pengujian ke-19	(2,6)	6,46	1
Pengujian ke-20	(2,6)	6,45	1

Pada Tabel 3, dilakukan pengujian sebanyak 20 kali untuk mengukur waktu yang dibutuhkan robot dalam menghampiri bola menggunakan sistem deteksi YOLOv8s di lingkungan simulasi Gazebo. Dari pengujian tersebut, diperoleh rata-rata waktu penghampiran sebesar 6,44 detik, yang

menunjukkan respons sistem cukup cepat dalam menjejak bola secara otomatis

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian dan pengujian yang dilakukan terhadap sistem deteksi dan penjejak bola yang menggunakan algoritma YOLOv8s pada robot sepak bola beroda di lingkungan simulasi ROS-Gazebo, beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem persepsi visual berbasis YOLOv8s berhasil dibuat dan digunakan dalam simulasi robot sepak bola secara real-time. Dengan nilai keyakinan 89,2% pada jarak 3 meter, model yang telah dilatih menunjukkan kemampuan mendeteksi bola dengan sangat akurat.
2. Integrasi berhasil antara sistem deteksi objek dan sistem navigasi robot dilakukan. Dengan menggunakan posisi bola yang diperoleh dari hasil deteksi YOLOv8, pergerakan robot diatur secara otomatis. Sistem kendali menggunakan pengontrol proporsional, yang mampu mengarahkan robot secara responsif menuju bola berdasarkan posisi bola dalam frame kamera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu robot untuk menghampiri bola meningkat secara proporsional terhadap jarak awal dari kedua sisi lapangan (kiri, tengah, dan kanan). Bola tercepat terjadi pada jarak 1 meter di tengah, dengan waktu 0,73 detik, dan terlama terjadi pada jarak 8 meter di kiri, dengan waktu 8,47 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prayoga, M. Jasa Afroni, A. Habibi, and U. I. Malang, "Deteksi Bola dan Lingkungannya Dengan Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once)," *Sci. Electro*, vol. nn, No. nn, pp. 1–8, 2024.
- [2] M. Model, S. S. D. Di, and L. Simulasi, "Penerapan Model Deteksi Objek Untuk Robot Menggunakan Model SSD Di Lingkungan Simulasi ROS," vol. 11, no. 4, pp. 66–78, 2024.
- [3] F. F. Sanubari and R. D. Puriyanto, "Deteksi Bola dan Gawang dengan Metode YOLO Menggunakan Kamera Omnidirectional pada Robot KRSBI-B," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 76–85, 2022, doi: 10.12928/biste.v4i2.6712.
- [4] F. Dzil, Agus Khumaidi, Mohammad Basuki Rahmat, Joko Endrasmono4, Mat Syai'in, and Dimas Pristovani Riananda, "Deteksi Objek di Lapangan pada Robot Sepakbola Beroda Menggunakan Metode YOLOV5," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 604–611, 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i2.5235.
- [5] M. I. F. Hatta and N. S. Widodo, "Robot Operating System (ROS) in Quadcopter Flying Robot Using Telemetry System," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 54–65, 2021, doi: 10.31763/ijrcs.v1i1.247.
- [6] J. Iqbal, R. Xu, S. Sun, and C. Li, "Simulation of an autonomous mobile robot for LiDAR-based in-field phenotyping and navigation," *Robotics*, vol. 9, no. 2, pp. 1–19, 2020, doi: 10.3390/robotics9020046.
- [7] T. A. Putra, M. Muliady, and D. Setiadikarunia, "Navigasi Indoor Berbasis Peta pada Robot Beroda dengan Platform Robot Operating System," *Jetri. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 17, no. 2, pp. 121–144, 2020, doi: 10.25105/jetri.v17i2.5447.
- [8] I. Fadhlila, I. Siradjuddin, and R. I. Putri, "Trajectory Tracking Robot Omnidirectional 4 Roda Dengan Visualisasi Rviz," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 90, 2022, doi: 10.33795/elk.v9i2.302.
- [9] R. B. Pratikto, E. Setiawan, and D. Syauqy, "Rancang Bangun Simulasi Robot Beroda untuk Pengiriman Barang di dalam Gedung berbasis Metode Particle Filter," ... *Teknol. Inf. dan Ilmu* ..., vol. 5, no. 8, pp. 3229–3236, 2021, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/9528%0Ahttp://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/9528/4300>
- [10] S. Setiawan, E. D. Marindani, and B. W. Sanjaya, "Navigasi Berbasis Koordinat dengan Penghindaran Rintangan untuk Robot Omnidireksional," vol. 6, pp. 191–200, 2024.
- [11] B. M. Nanda, S. Siregar, and M. I. Sani, "Implementasi Object Detection Pada Robot Sepak Bola Beroda Berbasis Kamera Omnidirectional Menggunakan OpenCV," vol. 9, no. 4, pp. 2064–2068, 2023.
- [12] R. M. Putra and R. D. Puriyanto, "Sistem Deteksi dan Pelacakan Bola dengan Metode Hough circle Transform Menggunakan Kamera Omnidirectional pada Robot Sepak Bola Beroda," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 3, pp. 176–184, 2022, doi: 10.12928/biste.v3i3.4786.
- [13] H. Afifah, "Program studi teknik elektro fakultas teknik universitas islam malang 2024," 2024.
- [14] W. S. Purnomo and A. Soetedjo, "Simulasi Gerak Robot Soccer Beroda Menggunakan Kinematika Omnidireksional Roda Empat," *Magn. J. Mhs. Tek. Elektro*, vol. 07, no. 2, pp. 229–236, 2021, [Online]. Available: http://eprints.itn.ac.id/5437/%0Ahttp://eprints.itn.ac.id/5437/1/1612216_AWAL-WidiPurnomo.pdf
- [15] M. Royhan Darmawan, F. Fitri, and I. Siradjuddin, "Implementasi Persamaan Forward dan Inverse Kinematic pada Mobile Robot Asimetris Beroda 4 Omni Wheels," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 209–217, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3641.