

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

Diajukan sebagai syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro



Disusun Oleh:
ACHMAD FAISAL QHOFARI
NPM. 22101053013

UNIVERSITAS ISLAM MALANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO
2025

ABSTRAK

Achmad Faisal Qhofari. 22101053013. Pengembangan Sistem Navigasi Dan Pengendalian Robot Sepak Bola Beroda Untuk Menjejak Menggunakan Algoritma YOLO. Pembimbing 1: Anang Habibi 2: Arman. Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Islam Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem persepsi visual pada robot sepak bola beroda dalam lingkungan simulasi ROS-Gazebo menggunakan algoritma YOLOv8s. Sistem ini dikembangkan untuk memungkinkan robot mendeteksi dan menjejak bola secara *real-time* dengan akurasi tinggi, didukung oleh keunggulan YOLOv8s dalam kecepatan dan akurasi deteksi objek. Proses pengembangan mencakup pembuatan lingkungan simulasi, pengumpulan dan anotasi *dataset*, pelatihan model di Google Colab, hingga integrasi dengan sistem navigasi robot. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali pengulangan untuk setiap skenario, menghasilkan total 440 data yang digunakan untuk mengukur performa sistem. Berdasarkan hasil pengujian, sistem terbukti mampu mendeteksi bola secara stabil dan akurat. Waktu rata-rata penjejakan bola menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya jarak. Untuk sisi kiri dan kanan lapangan, waktu tempuh berkisar antara 2,71 detik (jarak 2 meter) hingga 8,47 detik (jarak 8 meter). Sementara itu, di sisi tengah lapangan, waktu tempuh bervariasi dari 0,73 detik (jarak 1 meter) hingga 8,25 detik (jarak 8 meter). Hasil ini mengonfirmasi bahwa sistem deteksi dan navigasi bekerja secara konsisten dan efisien. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan sistem robot sepak bola otonom yang lebih kompleks di masa depan.

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

ABSTRACT

Achmad Faisal Qhofari. 22101053013. Development of a Navigation and Control System for a Wheeled Soccer Robot to Track a *Ball* Using the YOLO Algorithm. Advisors: 1: Anang Habibi 2: Arman. Electrical Engineering. Faculty of Engineering. University of Islam Malang.

This research aims to design and implement a visual perception system using the YOLOv8s algorithm on a wheeled soccer robot within a ROS-Gazebo simulation environment. The system was developed to enable the robot to detect and track a *Ball* in *real-time* with high accuracy, leveraging the strengths of YOLOv8s in *Object Detection* speed and precision. The development process included several stages, from creating the simulation environment and collecting and annotating the *dataset* to *training* the model on Google Colab and integrating it with the robot's navigation system. For performance evaluation, each test was repeated 20 times, resulting in a total of 440 data points. Based on the test results, the developed system proved capable of detecting the *Ball* stably and accurately. The average time required for the robot to track the *Ball* on the left and right sides of the field increased with distance, ranging from 2.71 seconds at a distance of 2 meters to 8.47 seconds (left side) and 8.22 seconds (right side) at 8 meters. Meanwhile, for tracking in the center of the field, the time varied from 0.73 seconds at a distance of 1 meter to 8.25 seconds at 8 meters. These findings confirm that the detection and navigation systems work consistently and efficiently in response to changes in distance. It is hoped that this research can serve as a foundation for the development of more complex autonomous soccer robot systems in the future.

Keyword: Soccer Robot, YOLOv8s, ROS-Gazebo, *Real-time Object* detection, Navigation system



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era Revolusi Industri 4.0, perkembangan teknologi robotika di Indonesia semakin pesat. Pemerintah mendukung inovasi di bidang ini melalui penyelenggaraan Kontes Robot Indonesia (KRI), salah satunya divisi Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI-B) yang telah diselenggarakan sejak tahun 2017. KRSBI-B menjadi ajang pengembangan robot sepak bola beroda yang kompetitif baik di tingkat regional maupun nasional.

Perlombaan KRI memiliki tujuh divisi yang diperlombakan, salah satu divisi yang diperlombakan adalah Kontes Robot Indonesia Beroda (KRBI-B), yang merupakan perlombaan robot yang bermain sepak bola, seperti layaknya manusia, yang bergerak menggunakan roda dan melakukan permainan secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia dengan memanfaatkan berbagai sensor, seperti kamera, yang digunakan sebagai alat visualisasi robot dalam melihat lingkungan sekitarnya sehingga robot dapat mendapatkan informasi seperti mengetahui jarak bola terhadap posisi robot. Penggunaan sensor kamera juga menjadi jawaban untuk salah satu tantangan pada lomba KRI, yaitu untuk mendeteksi beberapa objek, seperti bola, gawang, dan *obstacle* yang berupa robot musuh maupun robot teman[1].

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan robot sepak bola adalah kemampuan untuk mendeteksi dan menjejak berbagai objek penting di lapangan secara *real-time* dengan akurasi tinggi. Objek-objek tersebut meliputi bola, gawang, teman satu tim, dan lawan. Kemampuan mendeteksi dan membedakan objek-objek ini menjadi dasar bagi robot untuk melakukan strategi permainan seperti menyerang, bertahan, atau melakukan *passing* kepada rekan tim. Untuk itu, dibutuhkan suatu sistem persepsi visual yang mampu mengenali objek-objek tersebut secara cepat dan tepat dalam lingkungan dinamis seperti lapangan sepak bola robot.

Salah satu pendekatan yang cukup efektif dalam deteksi objek *real-time* adalah penggunaan algoritma *deep learning*, yaitu *You Only Look Once* (YOLO).

Algoritma YOLO merupakan metode deteksi objek berbasis *neural network* yang memiliki keunggulan dalam kecepatan inferensi dan akurasi lokalisasi objek. Dengan menggunakan YOLO, diharapkan robot dapat melakukan identifikasi posisi bola, gawang, teman, dan lawan secara *real-time*, sehingga dapat memberikan masukan yang akurat untuk sistem navigasi, pengendalian, dan pengambilan keputusan [2].

Selain sistem persepsi visual, pengembangan sistem navigasi dan kontrol pada robot sepak bola juga membutuhkan simulasi sebagai sarana uji coba sebelum implementasi pada perangkat keras. *Robot Operating System* (ROS) bersama dengan Gazebo menyediakan lingkungan simulasi yang kuat dan realistis untuk pengembangan robot secara virtual. Penggunaan ROS-Gazebo memungkinkan pengujian algoritma navigasi, kontrol, dan pengenalan objek secara aman, efisien, serta dapat direproduksi tanpa risiko kerusakan perangkat keras.

Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini akan dikembangkan sistem navigasi dan pengendalian robot sepak bola beroda yang mampu mendeteksi dan menjejak bola menggunakan algoritma YOLOv8s. Pengembangan dilakukan secara simulatif dalam lingkungan ROS-Gazebo. Fokus penelitian tidak hanya pada akurasi deteksi objek, tetapi juga pada responsivitas gerakan robot terhadap perubahan posisi objek secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengimplementasikan algoritma YOLOv8s untuk mendeteksi bola secara *real-time* di lingkungan simulasi Gazebo?
2. Bagaimana cara agar hasil deteksi dari YOLOv8s dapat digunakan untuk menjejak bola secara otomatis dan *real-time* oleh robot dalam simulasi?

1.3 Batasan Masalah

Dalam menyelesaikan penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem deteksi objek hanya difokuskan pada pendeteksian bola, tanpa mempertimbangkan objek lain.
2. Penelitian dilakukan sepenuhnya dalam lingkungan simulasi menggunakan ROS dan Gazebo, tanpa pengujian pada perangkat keras fisik.
3. Fokus integrasi hanya terbatas pada pemanfaatan *output* deteksi YOLOv8s untuk mengarahkan gerak robot dalam menjejak bola secara otomatis.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem deteksi bola berbasis algoritma YOLOv8s yang mampu berjalan secara *real-time* pada simulasi robot sepak bola.
2. Mengintegrasikan hasil deteksi objek dari algoritma YOLOv8s dengan pengendalian robot menggunakan *Robot Operating System* (ROS).
3. Mengevaluasi performa sistem navigasi dan pengendalian robot dalam menjejak bola secara otomatis berdasarkan masukan visual dari kamera simulasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis, yaitu:

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem navigasi dan kontrol pada robot otonom, terutama dalam konteks kompetisi robot sepak bola beroda atau aplikasi lain yang membutuhkan deteksi dan penjejakan objek secara *real-time*.
2. Penelitian ini membantu meningkatkan kemampuan dalam pemanfaatan ROS dan Gazebo sebagai platform pengembangan sistem robotika.
3. Penelitian ini dapat menjadi salah satu upaya pengembangan karya ilmiah di bidang robotika di Universitas Islam Malang.
4. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam pengembangan sistem mobilitas dan kecerdasan buatan pada robot otonom di masa depan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Sistem persepsi visual berbasis YOLOv8s berhasil dikembangkan dan diimplementasikan secara *real-time* pada simulasi robot sepak bola. Model yang telah dilatih mampu mendeteksi objek bola dengan tingkat akurasi tinggi, ditunjukkan dengan nilai *confidence* mencapai 89,2% pada jarak 3 meter.
2. Integrasi antara sistem deteksi objek dan sistem navigasi robot berhasil dilakukan, di mana posisi bola yang diperoleh dari hasil deteksi YOLOv8s digunakan untuk mengarahkan pergerakan robot secara otomatis. Sistem kendali menggunakan proportional controller yang mampu mengarahkan robot menuju bola secara responsif berdasarkan posisi bola dalam frame kamera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu tempuh robot untuk menghampiri bola meningkat secara proporsional terhadap jarak awal, baik dari sisi kiri, tengah, maupun kanan lapangan. Rata-rata waktu tercepat tercatat saat bola berada pada jarak 1 meter di sisi tengah dengan waktu 0,73 detik, sedangkan waktu terlama terjadi pada jarak 8 meter di sisi kiri, yaitu sekitar 8,47 detik.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah menunjukkan performa yang baik dan stabil dalam melakukan deteksi serta penjejakan bola, serta dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan robot sepak bola otonom yang lebih kompleks di masa mendatang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

1. Penambahan jenis objek yang terdeteksi

Pengembangan ke depan dapat mencakup deteksi objek lain seperti gawang, robot lawan, atau teman satu tim agar strategi permainan dapat dikembangkan lebih kompleks dan adaptif.

2. Pengujian pada robot fisik nyata

Agar sistem lebih aplikatif, disarankan untuk melakukan implementasi sistem deteksi dan kontrol pada robot fisik nyata setelah pengujian simulasi, sehingga dapat dievaluasi dari sisi kestabilan, keterlambatan sensor, dan performa aktual di lapangan.

3. Pengujian dalam Lingkungan Dinamis

Simulasi dapat dikembangkan dengan menambahkan elemen dinamis seperti bola yang bergerak atau adanya gangguan dari objek lain, sehingga sistem dapat diuji dalam situasi yang lebih mendekati kondisi nyata.

5.3 Kesulitan Selama Pengerjaan

Selama proses pengembangan sistem, terdapat beberapa tantangan teknis yang cukup signifikan, salah satunya adalah pada tahap pelatihan model YOLOv8s. Proses pelabelan *dataset* dan pelatihan model memberikan kesulitan tersendiri karena beberapa hal berikut:

1. Proses Labeling *Dataset* yang Memakan Banyak Waktu

- *Dataset* harus dilabeli secara manual menggunakan platform Roboflow, yang memerlukan ketelitian dan waktu yang tidak sedikit.
- Setiap gambar harus diberi *bounding box* secara akurat untuk memastikan model dapat belajar dengan baik.

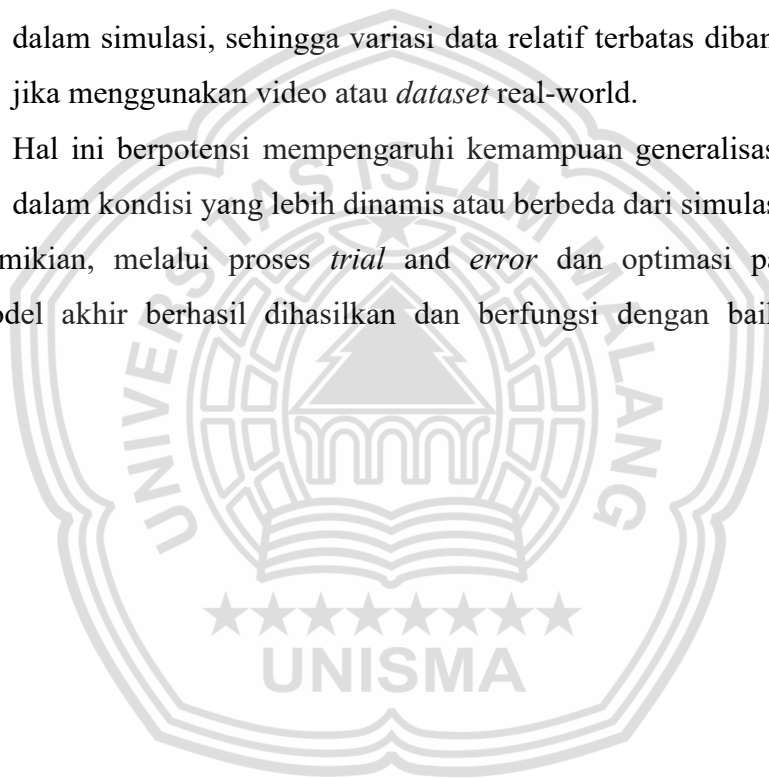
2. Keterbatasan Sumber Daya di Google Colab

- Meskipun Google Colab menyediakan akses gratis ke GPU, ada batasan waktu pemakaian dan lamanya durasi sesi aktif, sehingga proses pelatihan sering kali terinterupsi.
- Ketika sesi berakhir atau kuota GPU habis, pelatihan harus dimulai ulang, menyebabkan penundaan dan pengulangan kerja.

3. Jumlah Data yang Terbatas

- *Dataset* yang digunakan berasal dari *screenshot* kamera virtual dalam simulasi, sehingga variasi data relatif terbatas dibandingkan jika menggunakan video atau *dataset* real-world.
- Hal ini berpotensi mempengaruhi kemampuan generalisasi model dalam kondisi yang lebih dinamis atau berbeda dari simulasi.

Meskipun demikian, melalui proses *trial and error* dan optimasi parameter pelatihan, model akhir berhasil dihasilkan dan berfungsi dengan baik dalam simulasi.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Model, S. S. D. Di, and L. Simulasi, “Penerapanan Model Deteksi Objek Untuk Robot Menggunakan Model SSD Di Lingkungan Simulasi ROS,” vol. 11, no. 4, pp. 66–78, 2024.
- [2] 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.
- [3] I. Fadhila, 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.
- [4] A. A. Wahyudi, Agus Khumaidi, Mohammad Basuki Rahmat, Dimas Pristovani Riananda, Mat Syai’in, and Joko Endrasmono, “Implementasi Robot Operating System (ROS) Untuk Meningkatkan Akurasi Deteksi Bola Menggunakan YOLO V5 Pada KRSBI-Beroda,” *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 648–661, 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i2.5234.
- [5] 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.
- [6] 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>
- [7] 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.
- [8] M. K. Falakh and A. Habibi, “Sistem Kontrol Pergerakan Roda Omni Pada

- Robot Soccer UNISMA Dengan PID (Proportional Integral Derivative)”.
- [9] S. Muttaqin, “Analisa Karakteristik Generator Dan Motor DC,” *Je-Undip*, vol. 2, no. 21060112130034, pp. 1–11, 2015.
- [10] W. S. Purnomo and A. Soetedjo, “Simulasi Gerak Robot Soccer Beroda Menggunakan Kinematika Omnidirektional 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 - Widi Purnomo.pdf](http://eprints.itn.ac.id/5437/%0Ahttp://eprints.itn.ac.id/5437/1/1612216_AWAL-WidiPurnomo.pdf)
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] K. Chaaban, “A New Algorithm for Real-time Scheduling and Resource Mapping for Robot Operating Systems (ROS),” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 3, 2023, doi: 10.3390/app13031532.
- [15] H. Do Quang *et al.*, “An Approach to Design Navigation System for Omnidirectional Mobile Robot Based on ROS,” *Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.*, vol. 9, no. 11, pp. 1502–1508, 2020, doi: 10.18178/ijmerr.9.11.1502-1508.
- [16] R. K. Megalingam, V. S. Naick, M. Motheram, J. Yannam, N. C. Gutlapalli, and V. Sivanantham, “Robot Operating System based autonomous navigation platform with human robot interaction,” *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 21, no. 3, pp. 675–683, 2023, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v21i3.24257.
- [17] H. T. Ngoc, K. H. Nguyen, H. K. Hua, H. V. N. Nguyen, and L. Da Quach,

- “Optimizing YOLO Performance for Traffic Light Detection and End-to-End Steering Control for Autonomous Vehicles in Gazebo-ROS2,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 14, no. 7, pp. 475–484, 2023, doi: 10.14569/IJACSA.2023.0140752.
- [18] 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.
- [19] A. Budiyanto, G. B. Pramudita, and S. Adinandra, “Kontrol Relay dan Kecepatan Kipas Angin Direct Current (DC) dengan Sensor Suhu LM35 Berbasis Internet of Things (IoT),” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 01, pp. 43–54, 2020, doi: 10.31358/techne.v19i01.224.
- [20] 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.

