

INTEGRASI YOLOV8 DAN ACTIVE VISUAL SEARCH UNTUK SISTEM PELACAKAN BOLA PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA BERBASIS SIMULASI ROS GAZEBO

Nur Muhammad Kholilulloh¹, Anang Habibi², M Taqiyyuddin Alawiy³

¹²³Universitas Islam Malang

22101053020@unisma.ac.id, ananghabibi@unisma.ac.id, masalawiy@gmail.com,

Abstract

The ability of a soccer robot to maintain continuous ball tracking depends on a visual perception system capable of rapidly detecting the target and recovering it when the ball moves out of the camera's field of view. A common challenge in visual tracking is the interruption of the tracking process when the target is no longer visible. This study aims to integrate the YOLOv8 object detection algorithm with an Active Visual Search strategy to improve the continuity of ball tracking in a wheeled soccer robot. The proposed system was developed and evaluated in a simulation environment using the Robot Operating System (ROS) Noetic, Gazebo, a virtual camera, and a virtual soccer robot. The YOLOv8 model was trained using a dataset collected from the virtual camera and integrated as a detection node in ROS to support both ball tracking and automatic target reacquisition. Experimental results achieved a Precision of 99.67%, Recall of 100%, F1-Score of 99.83%, and mAP@50 of 99.49%, demonstrating highly accurate ball detection performance. Furthermore, the integration of the Active Visual Search strategy enabled the virtual robot to automatically reacquire the ball after it disappeared from the camera's field of view, thereby maintaining continuous visual tracking effectively throughout the simulation environment.

Keywords— YOLOv8, Active Visual Search, Robot Operating System (ROS), Gazebo, Pelacakan Bola.

Abstrak

Kemampuan robot sepak bola dalam mempertahankan pelacakan bola sangat dipengaruhi oleh sistem persepsi visual yang mampu mendeteksi objek secara cepat dan mempertahankan target ketika bola keluar dari bidang pandang kamera. Permasalahan yang sering terjadi adalah terhentinya proses pelacakan akibat hilangnya objek dari frame kamera. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dengan strategi *Active Visual Search* untuk meningkatkan kontinuitas pelacakan bola pada robot sepak bola beroda. Sistem dikembangkan dan dievaluasi pada lingkungan simulasi menggunakan Robot Operating System (ROS) Noetic, Gazebo, Ubuntu 20.04, kamera virtual, serta robot sepak bola virtual. Model YOLOv8 dilatih menggunakan dataset yang diperoleh dari kamera virtual dan diintegrasikan sebagai node deteksi pada ROS untuk mendukung proses pelacakan dan pencarian bola secara otomatis. Hasil simulasi menunjukkan nilai *Precision* sebesar 99,67%, *Recall* 100%, *F1-Score* 99,83%, dan *mAP@50* 99,49%. Integrasi *Active Visual Search* memungkinkan robot virtual menemukan kembali bola ketika objek hilang dari bidang pandang kamera sehingga keberlangsungan proses pelacakan dapat dipertahankan secara efektif pada lingkungan simulasi.

Kata Kunci— YOLOv8, Active Visual Search, Robot Operating System (ROS), Gazebo, Pelacakan Bola.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan Robot sepak bola beroda memerlukan sistem persepsi visual yang mampu mendeteksi dan melacak bola secara *real-time* untuk mendukung proses navigasi dan pengambilan keputusan. Perkembangan *deep learning*, khususnya algoritma YOLOv8, telah meningkatkan kemampuan deteksi objek dengan tingkat akurasi dan kecepatan yang tinggi sehingga sesuai untuk diterapkan pada sistem robotika berbasis visi komputer. Namun, proses pelacakan sering terhenti ketika bola keluar dari bidang pandang kamera sehingga robot kehilangan target.

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem deteksi bola menggunakan YOLO maupun sistem navigasi robot berbasis ROS dan Gazebo. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa YOLOv8 memiliki performa deteksi yang sangat baik, sedangkan metode *trajectory tracking* dan kontrol robot mampu meningkatkan kemampuan navigasi. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada deteksi objek atau pengendalian robot secara terpisah dan belum membahas mekanisme pencarian bola ketika objek tidak lagi terdeteksi oleh kamera.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dengan strategi *Active Visual Search* pada robot sepak bola beroda dalam lingkungan simulasi berbasis Robot Operating System (ROS) Noetic dan Gazebo. YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi posisi bola, sedangkan *Active Visual Search* memungkinkan robot virtual melakukan rotasi secara otomatis hingga bola kembali terdeteksi ketika objek keluar dari bidang pandang kamera.

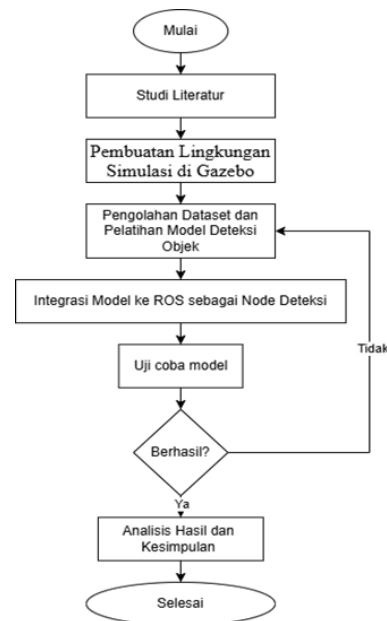
Penelitian ini terletak pada integrasi sistem deteksi berbasis YOLOv8 dengan strategi *Active Visual Search* untuk mempertahankan kontinuitas pelacakan bola pada robot sepak bola virtual. Seluruh eksperimen dilakukan menggunakan ROS Noetic, Gazebo, Ubuntu 20.04, kamera virtual, dan robot sepak bola virtual tanpa melibatkan robot fisik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa sistem deteksi serta efektivitas strategi pencarian visual otomatis dalam mempertahankan proses pelacakan bola pada lingkungan simulasi.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen berbasis simulasi yang bertujuan mengembangkan sistem deteksi dan pelacakan bola pada robot sepak bola beroda dengan mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dan strategi *Active Visual Search*. Seluruh pengujian dilakukan pada lingkungan simulasi menggunakan Robot Operating System (ROS) Noetic, Gazebo, Ubuntu

20.04, kamera virtual, dan robot sepak bola virtual. Tahapan penelitian meliputi pembangunan lingkungan simulasi, pengumpulan dan anotasi dataset, pelatihan model YOLOv8, integrasi model ke dalam ROS sebagai *node* deteksi, serta evaluasi performa sistem berdasarkan hasil simulasi.

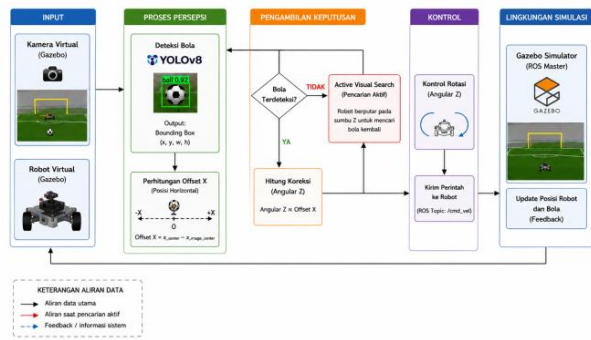


Gambar 1. Flowchart Alir Penelitian

Proses penelitian diawali dengan pembangunan lingkungan simulasi robot sepak bola pada Gazebo. Dataset diperoleh dari kamera virtual dalam bentuk citra digital yang selanjutnya dianotasi menggunakan Roboflow dan digunakan untuk melatih model YOLOv8. Model hasil pelatihan kemudian diintegrasikan ke dalam ROS sebagai *node* deteksi objek untuk menghasilkan informasi posisi bola secara *real-time*. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem pada berbagai skenario simulasi untuk mengevaluasi kemampuan deteksi, pelacakan bola, serta efektivitas strategi *Active Visual Search*. Apabila hasil deteksi belum optimal, proses pelatihan atau integrasi diperbaiki hingga diperoleh performa yang diharapkan. Hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan parameter *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, *mAP@50*, *Offset X*, *Error Width*, dan *Angular Z*.

B. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pelacakan bola yang diusulkan ditunjukkan pada **Gambar 2**. Sistem terdiri atas kamera virtual sebagai sumber citra, model YOLOv8 sebagai modul deteksi objek, perhitungan **Offset X** sebagai parameter posisi horizontal bola, strategi *Active Visual Search* sebagai mekanisme pencarian objek, serta pengendali robot virtual yang mengirimkan perintah gerak ke lingkungan simulasi Gazebo melalui Robot Operating System (ROS).



Gambar 2. Arsitektur sistem pelacakan bola menggunakan YOLOv8 dan Active Visual Search.

Berdasarkan arsitektur pada Gambar 2, kamera virtual menghasilkan citra secara *real-time* yang diproses oleh YOLOv8 untuk mendeteksi posisi bola. Hasil deteksi berupa koordinat *bounding box* digunakan untuk menghitung nilai Offset X sebagai indikator penyimpangan posisi bola terhadap pusat bidang pandang kamera. Apabila bola masih terdeteksi, sistem menghitung nilai Angular Z untuk mengoreksi orientasi robot sehingga objek tetap berada di tengah citra. Sebaliknya, apabila bola tidak terdeteksi, sistem mengaktifkan strategi *Active Visual Search* dengan memutar robot hingga bola kembali ditemukan. Selanjutnya, perintah gerak dikirim ke robot virtual melalui ROS dan hasil pergerakan diperbarui oleh Gazebo sebagai umpan balik (*feedback*) untuk proses deteksi berikutnya.

C. ROS

Robot Operating System (ROS) merupakan platform *open source* yang menyediakan berbagai *tools*, *library*, dan mekanisme komunikasi antar-*node* untuk mendukung pengembangan sistem robotika. Pada penelitian ini, ROS Noetic digunakan sebagai platform utama yang mengintegrasikan model YOLOv8, kamera virtual, dan sistem kendali robot sepak bola virtual. Data citra dari kamera virtual diproses oleh *node* deteksi YOLOv8, kemudian hasil deteksi digunakan sebagai masukan untuk proses pelacakan dan strategi *Active Visual Search* pada lingkungan simulasi Gazebo.[16]

D. YOLO

YOLO (You Only Look Once) merupakan algoritma deteksi objek berbasis deep learning yang mampu melakukan deteksi secara *real-time* dalam satu tahap (*single-stage detector*). Penelitian ini menggunakan YOLOv8 yang dikembangkan oleh Ultralytics karena memiliki performa deteksi yang tinggi dengan waktu inferensi yang cepat. Dataset yang diperoleh dari kamera virtual dianotasi menggunakan Roboflow, kemudian digunakan untuk melatih model YOLOv8 sebelum diintegrasikan ke dalam ROS sebagai *node* deteksi. Model ini menghasilkan informasi berupa *bounding box*, koordinat objek, dan nilai

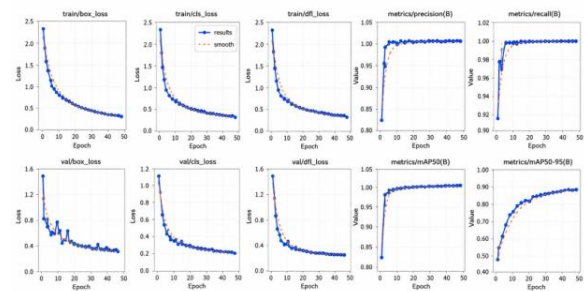
confidence yang digunakan sebagai dasar proses pelacakan bola pada robot sepak bola virtual. [23]

Ultralytics mengembangkan YOLOv8, algoritma terbaru. YOLOv8 meningkatkan akurasi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. YOLOv8 hadir dalam beberapa varian untuk menyesuaikan kinerja dan kapasitas perangkat keras untuk memenuhi berbagai tugas visual komputer seperti deteksi objek, segmentasi, dan klasifikasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pelatihan model yolov8

1. Grafik hasil pelatihan



Gambar 3. Grafik hasil pelatihan model YOLOv8

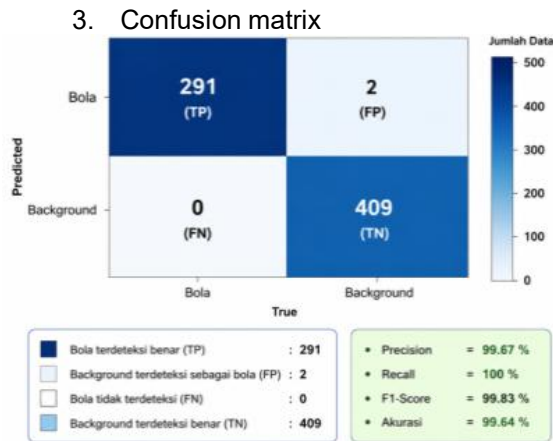
Grafik pelatihan menunjukkan bahwa nilai *training loss* dan *validation loss* mengalami penurunan yang stabil seiring bertambahnya *epoch*, sedangkan nilai *Precision*, *Recall*, dan *mAP* terus meningkat. Kondisi ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari karakteristik objek bola dengan baik serta memiliki kemampuan generalisasi yang baik pada dataset simulasi. Model yang stabil menghasilkan koordinat objek yang lebih akurat sehingga mendukung proses pelacakan bola secara *real-time* pada robot virtual.

2. Evaluasi model yolov8

Parameter	Nilai
Precision	99,67 %
Recall	100 %
F1-Score	99,83 %
mAP50	99,49 %

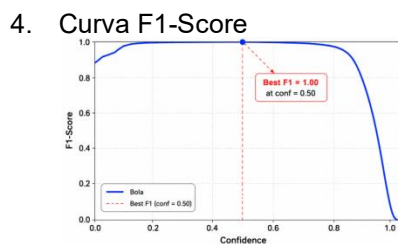
Tabel 1. Precision, Recall, F1-Score dan mAP

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memperoleh nilai Precision 99,67%, Recall 100%, F1-Score 99,83%, dan mAP@50 99,49%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan deteksi yang sangat baik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Kinerja model yang tinggi memungkinkan sistem menghasilkan informasi posisi bola secara konsisten sehingga mendukung proses pelacakan pada lingkungan simulasi.



Gambar 4. Confusion Matrix YOLOv8

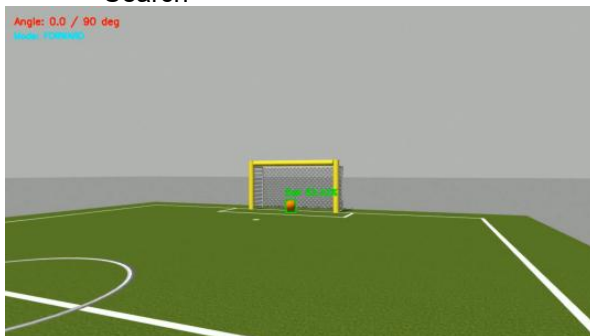
Confusion matrix menunjukkan bahwa sebagian besar objek berhasil diklasifikasikan pada kelas yang benar dengan jumlah kesalahan klasifikasi yang sangat kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu membedakan objek bola secara konsisten sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan deteksi yang dapat memengaruhi proses pelacakan robot virtual.



Gambar 5. Kurva F1-Score terhadap nilai confidence.

Kurva *F1-Score* menunjukkan keseimbangan yang baik antara *Precision* dan *Recall* pada nilai *confidence* tertentu. Kondisi ini menunjukkan bahwa model mampu mempertahankan performa deteksi yang stabil sehingga proses pelacakan bola dapat berlangsung secara berkesinambungan pada lingkungan simulasi ROS-Gazebo.

B. Integrasi YOLOv8 dengan Active Visual Search

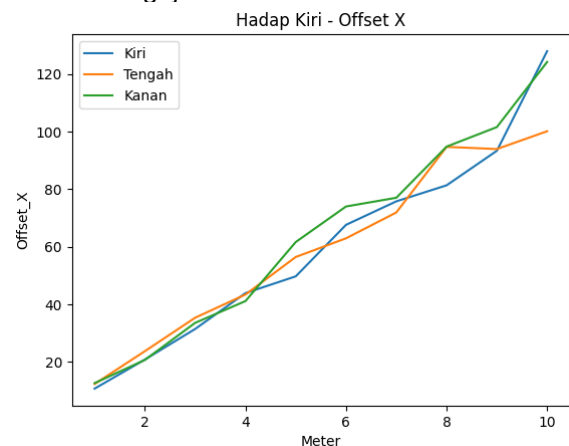


Gambar 6. Integrasi YOLOv8 dengan Active Visual Search pada lingkungan simulasi Gazebo.

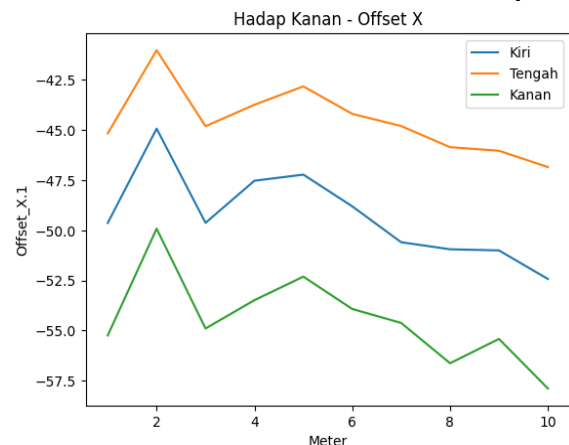
Hasil integrasi menunjukkan bahwa model YOLOv8 berhasil diimplementasikan sebagai *node* deteksi pada Robot Operating System (ROS) dan mampu mendeteksi bola secara *real-time* menggunakan kamera virtual. Informasi posisi bola yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai masukan untuk mengendalikan orientasi robot virtual selama proses pelacakan.

Ketika bola keluar dari bidang pandang kamera, strategi *Active Visual Search* diaktifkan dengan memberikan perintah rotasi hingga bola kembali terdeteksi. Setelah objek ditemukan, sistem secara otomatis menghentikan proses pencarian dan melanjutkan pelacakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi YOLOv8 dan *Active Visual Search* mampu mempertahankan kontinuitas pelacakan bola pada lingkungan simulasi tanpa memerlukan intervensi pengguna.

C. Pengujian Offset X



Gambar 7. Grafik rata-rata Offset X hadap kiri



Gambar 8. Grafik rata-rata Offset X hadap kanan

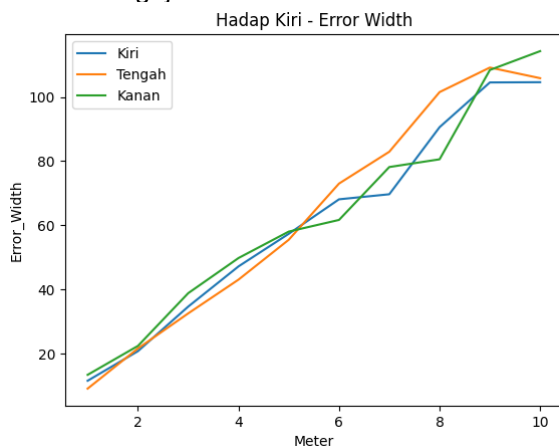
Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai Offset X meningkat seiring bertambahnya jarak pengamatan pada kondisi robot menghadap kiri, dari 10,711 piksel pada jarak 1 m menjadi 127,937 piksel pada jarak 10 m. Sebaliknya, pada kondisi robot menghadap kanan seluruh nilai Offset X bernilai negatif dengan rentang -41,021 hingga

-57,885 piksel, yang menunjukkan arah penyimpangan objek terhadap pusat bidang pandang kamera. Perbedaan tanda tersebut merepresentasikan arah koreksi orientasi robot dan bukan menunjukkan kesalahan sistem.

Berdasarkan perbandingan ketiga posisi pengujian, posisi tengah menghasilkan rata-rata Offset X paling kecil, sedangkan posisi kanan menghasilkan deviasi terbesar.

Hal ini menunjukkan bahwa posisi bola yang semakin jauh dari pusat kamera menyebabkan nilai Offset X meningkat akibat pengaruh perspektif citra. Nilai Offset X selanjutnya digunakan sebagai masukan untuk menentukan Angular Z, sehingga robot virtual dapat melakukan koreksi orientasi dan mempertahankan bola tetap berada di pusat bidang pandang kamera selama proses pelacakan.

D. Pengujian Error Width



Gambar 9. Grafik rata-rata Error Width hadap kiri



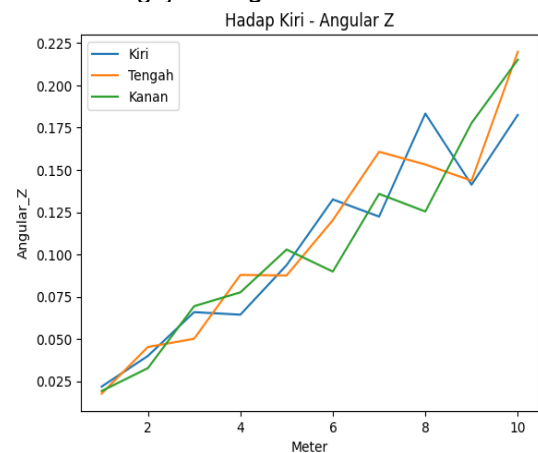
Gambar 10. Grafik rata-rata Error Width hadap kanan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai Error Width cenderung meningkat seiring bertambahnya jarak pengamatan pada seluruh posisi. Kondisi robot menghadap kanan

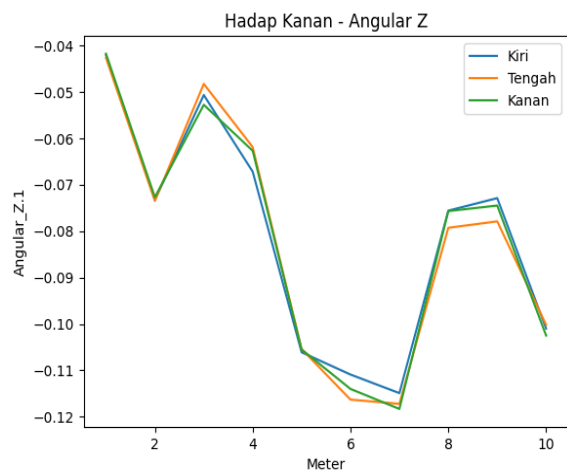
menghasilkan rata-rata *Error Width* yang lebih besar dibandingkan robot menghadap kiri, dengan nilai tertinggi sebesar **83,95** pada posisi kanan dan nilai terendah sebesar **60,88** pada posisi kiri. Peningkatan *Error Width* menunjukkan bahwa ukuran objek pada citra semakin kecil akibat pengaruh perspektif kamera sehingga ketelitian estimasi posisi objek menurun.

Meskipun demikian, YOLOv8 masih mampu mendeteksi bola secara konsisten pada seluruh skenario simulasi. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan ukuran objek akibat variasi jarak dan posisi belum memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan sistem dalam mempertahankan proses *visual tracking* pada robot virtual.

E. Pengujian Angular Z



Gambar 11. Grafik rata-rata Angular Z hadap kiri



Gambar 12. Grafik rata-rata Angular z hadap kanan

Nilai Angular Z berubah mengikuti perubahan Offset X sebagai respons koreksi orientasi robot virtual terhadap posisi bola. Pada kondisi robot menghadap kiri, nilai Angular Z bernilai positif, sedangkan pada kondisi robot menghadap kanan seluruh nilai bernilai negatif.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa sistem mampu menentukan arah rotasi sesuai dengan posisi bola terhadap pusat bidang pandang kamera.

Secara keseluruhan, perubahan nilai Angular Z relatif stabil pada seluruh skenario pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi YOLOv8 dengan strategi *Active Visual Search* mampu menghasilkan respons orientasi yang konsisten sehingga robot virtual dapat mempertahankan bola tetap berada di pusat bidang pandang kamera selama proses pelacakan.

F. Perbandingan hasil pengujian

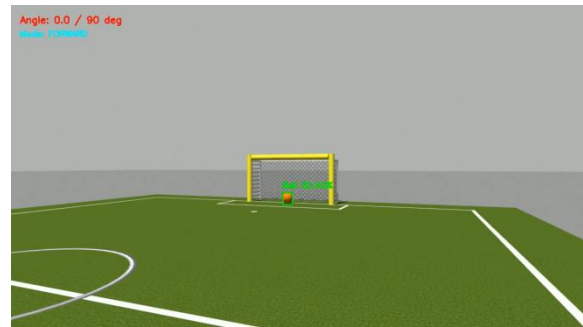
Parameter	Offset X	Error Width	Angular Z
Hadap kiri posisi kiri	60,25	60,88	0,1048
Hadap kiri posisi tengah	59,45	63,39	0,1087
Hadap kiri posisi kanan	64,11	62,54	0,1046
Hadap kanan posisi kiri	-49,27	76,24	-0,0815
Hadap kanan posisi tengah	-44,53	68,76	-0,0823
Hadap kanan posisi kanan	-54,43	83,95	-0,0821

Tabel 2. Perbandingan rata-rata Offset X, Error Width, dan Angular Z.

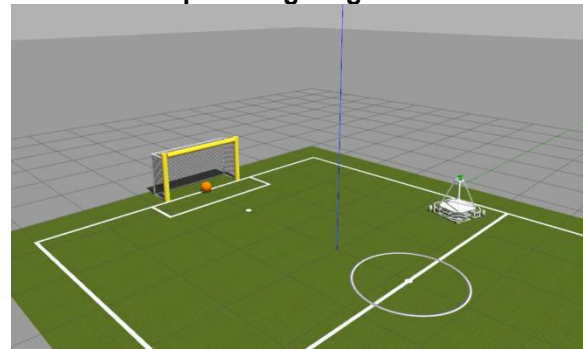
Hasil perbandingan menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang relatif konsisten pada seluruh skenario pengujian. Posisi tengah menghasilkan rata-rata Offset X paling kecil, yaitu 59,45 piksel saat robot menghadap kiri dan -44,53 piksel saat robot menghadap kanan. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketika bola berada di sekitar pusat bidang pandang kamera, penyimpangan posisi objek menjadi lebih kecil sehingga kebutuhan koreksi orientasi robot juga berkurang. Sebaliknya, posisi kanan menghasilkan nilai Offset X dan Error Width terbesar, yang menunjukkan bahwa semakin jauh objek dari pusat kamera, semakin besar kesalahan posisi yang harus dikoreksi.

Nilai Angular Z pada seluruh pengujian mengikuti perubahan Offset X, sehingga menunjukkan bahwa sistem kontrol mampu mengubah informasi posisi bola menjadi koreksi orientasi robot secara konsisten. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa integrasi YOLOv8 dan *Active Visual Search* mampu mempertahankan proses *visual tracking* dengan baik pada berbagai posisi dan jarak pengujian di lingkungan simulasi.

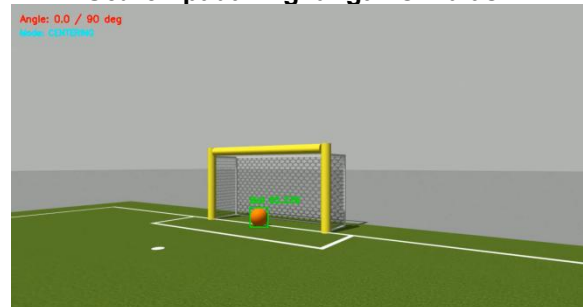
G. Analisis Strategi *Active Visual Search*



Gambar 13. Implementasi *Active Visual Search* pada lingkungan simulasi



Gambar 14. Implementasi *Active Visual Search* pada lingkungan simulasi



Gambar 15. Implementasi *Active Visual Search* pada lingkungan simulasi

Pengujian menunjukkan bahwa strategi *Active Visual Search* berhasil diaktifkan ketika bola keluar dari bidang pandang kamera virtual. Robot melakukan rotasi berdasarkan nilai Angular Z hingga bola kembali terdeteksi oleh YOLOv8, kemudian sistem secara otomatis melanjutkan proses *tracking*. Mekanisme ini memungkinkan kontinuitas *visual tracking* tetap terjaga tanpa intervensi pengguna.

Dibandingkan sistem yang hanya mengandalkan deteksi YOLOv8, strategi *Active Visual Search* memiliki keunggulan karena mampu melakukan pencarian objek secara aktif ketika bola tidak lagi terdeteksi. Pada sistem tanpa mekanisme pencarian, proses pelacakan akan berhenti akibat tidak tersedianya informasi posisi objek. Sebaliknya, sistem yang diusulkan mampu memperoleh kembali target secara otomatis sehingga mengurangi kemungkinan

robot kehilangan bola selama proses pelacakan pada lingkungan simulasi.

Keberhasilan strategi ini didukung oleh hubungan yang sangat kuat antara Offset X dan Angular Z, dengan koefisien korelasi sebesar 0,973. Nilai tersebut menunjukkan bahwa informasi posisi bola yang diperoleh dari YOLOv8 dapat diterjemahkan secara proporsional menjadi koreksi orientasi robot, sehingga proses *visual tracking* tetap berlangsung secara stabil.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian R. T. Yunardi dkk. yang menunjukkan bahwa sistem *visual tracking* mampu mempertahankan objek berdasarkan informasi posisi hasil deteksi, serta penelitian Ivan Fadhila dkk. yang memanfaatkan ROS untuk meningkatkan performa navigasi robot omnidirectional. Perbedaanannya, penelitian ini mengintegrasikan YOLOv8 dengan strategi *Active Visual Search* sehingga robot virtual tidak hanya mampu mendeteksi dan melacak bola, tetapi juga memperoleh kembali target secara otomatis ketika bola keluar dari bidang pandang kamera. Integrasi tersebut meningkatkan kontinuitas *visual tracking* dan menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan lebih adaptif dibandingkan pendekatan yang hanya mengandalkan deteksi objek pada lingkungan simulasi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dengan strategi *Active Visual Search* pada robot sepak bola virtual berbasis Robot Operating System (ROS) dan Gazebo. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model YOLOv8 memiliki performa deteksi yang sangat baik dengan nilai Precision sebesar 99,67%, Recall 100%, F1-Score 99,83%, dan mAP@50 99,49%, sehingga mampu mendeteksi bola secara akurat pada lingkungan simulasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter Offset X, Error Width, dan Angular Z mampu menggambarkan performa sistem pelacakan secara konsisten. Nilai Offset X digunakan sebagai indikator penyimpangan posisi bola terhadap pusat bidang pandang kamera, sedangkan Angular Z memberikan koreksi orientasi robot untuk mempertahankan objek tetap berada di pusat citra. Selain itu, strategi *Active Visual Search* berhasil menemukan kembali bola ketika objek keluar dari bidang pandang kamera, sehingga kontinuitas proses *visual tracking* dapat dipertahankan pada seluruh skenario simulasi.

Penelitian ini masih terbatas pada lingkungan simulasi ROS-Gazebo, sehingga implementasi pada robot fisik memerlukan pengujian lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor seperti pencahayaan, karakteristik kamera, dan dinamika sistem nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Wahyudi, Agus Khumaidi, Mohammad Basuki Rahmat, Dimas Pristovani Riananda, Mat Sya'lin, 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.
- [2] Yunardi, R. T., Mardhiyah, A. W., Yahya, M. H., & Satria, C. (2019). Desain dan Implementasi Visual Object Tracking Menggunakan Pan and Tilt Vision System. *Jurnal ELKHA*, 11(2), 85–92. Retrieved from <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/download/34351/pdf>
- [3] Sugiarto, K., Giyantara, A., & Yulisya, R. D. (2022). Object Tracking Dengan Menggunakan Color Filtering HSV Pada Robot World Cup. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, 4(2), 143-152.
- [4] Jalil, A. (2018). Robot Operating System (ROS) dan Gazebo Sebagai Media Pembelajaran Robot Interaktif. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10(3), 284-289.
- [5] Tamadjoe, I. R., & Dewa, C. K. (2024). Penerapan Model Deteksi Objek Untuk Robot Menggunakan Model SSD Di Lingkungan Simulasi ROS. *JATISI*, 11(4).
- [6] I. Fadhila, I. Siradjuddin, and R. I. Putri, "Trajectory Tracking Robot Omnidirectional 4 Roda Dengan Visualisasi Rviz," 2022. doi: 10.33795/elk.v9i2.302.
- [7] Prayoga, A., Afroni, M. J., & Habibi, A. (2024). Deteksi Bola dan Lingkungannya Dengan Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once). *SCIENCE ELECTRO*, 17(2).
- [8] S. Sugiono, A. Habibi, and others, "Sistem Kontrol Pergerakan Roda Omni Pada Robot Soccer UNISMA Dengan PID (Proportional Integral Derivative)," 2024.
- [9] Al Fattika, M. F., Winarno, T., & Siradjuddin, I. (2019). Collision Avoidance pada Mobile Robot Menggunakan Kontrol Kinematik. *Jurnal Elkolind*, 8(1).
- [10] Afifah, H. (2024). Rancang Bangun Trajectory Tracking Pada Robot Beroda di Universitas Islam Malang.
- [11] E. Poerwandono and G. Q. Barranzoeputra, "Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLOv8) untuk Mendeteksi Pelanggaran Lalu Lintas Berupa Tidak," 2024.
- [12] Rasjid, A. A., Rahmat, B., & Sihananto, A. N. (2024). Implementasi YOLOv8 Pada Robot Deteksi Objek. *Journal of Technology and System Information*, 1(3), 9.
- [13] Putra, R. R., Maimunah, M., & Sasongko, D. D. (2024). Implementasi Algoritma Yolo V8

- (You Only Look Once) Dalam Deteksi Penyakit Daun Durian. *Building Of Informatics, Technology And Science (Bits)*, 6(3).
- [14] Surya, M., Toscany, A., Saputra, C., Pratama, Y., & Bustami, M. I. (2025). Penggunaan Yolo Untuk Deteksi Robot Dan Gawang Pada Robot Sepak Bola Beroda. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 14(1).
- [15] Jati, H., Ilyasa, N. A., & Dominic, D. D. (2024). Enhancing humanoid robot soccer ball tracking, goal alignment, and robot avoidance using YOLO-NAS. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 5(3), 829-838.