

# Implementasi *Robot Operating System* (ROS) untuk Meningkatkan Akurasi Deteksi Bola Menggunakan YOLO V5 Pada KRSBI-Beroda

Asyal Achnan Wahyudi<sup>1</sup>, Agus Khumaidi<sup>2</sup>, Mohammad Basuki Rahmat<sup>3</sup>, Dimas Pristovani Riananda<sup>4</sup>, Matt Syaiin<sup>5</sup>, Joko Endrasmono<sup>6</sup>

e-mail: [asyal.achnan@student.ppns.ac.id](mailto:asyal.achnan@student.ppns.ac.id)<sup>1</sup>, [aguskhumaidi@ppns.ac.id](mailto:aguskhumaidi@ppns.ac.id)<sup>2</sup>, [mbasuki.rahmat@ppns.ac.id](mailto:mbasuki.rahmat@ppns.ac.id)<sup>3</sup>, [dimaspristovani@ppns.ac.id](mailto:dimaspristovani@ppns.ac.id)<sup>4</sup>, [matt.syaiin@ppns.ac.id](mailto:matt.syaiin@ppns.ac.id)<sup>5</sup>, [endrasmono@ppns.ac.id](mailto:endrasmono@ppns.ac.id)<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,5,6</sup>Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 31 Mei 2024

Direvisi 29 Juli 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

### Kata kunci:

KRSBI Beroda  
Prediksi arah tendangan  
Robot sepak bola  
ROS  
YOLO V5

### Keywords:

Robot soccer  
Prediction of kick direction  
YOLO V5  
Wheelchair-bound KRSBI  
ROS

## ABSTRAK

Riset ini bertujuan untuk mengaplikasikan metode YOLO V5 dalam rangka meningkatkan ketepatan prediksi arah tendangan lawan pada robot penjaga gawang di ajang KRSBI Beroda. YOLO V5 dimanfaatkan untuk mendeteksi lokasi bola dan juga untuk memperkirakan arah datangnya bola. Data posisi bola dan estimasi arah datang bola dimanfaatkan untuk menentukan gerakan robot penjaga gawang. Sistem ini diimplementasikan pada platform ROS (*Robot Operating System*) untuk memungkinkan integrasi yang modular dan terdistribusi. Dataset yang digunakan terdiri dari 2611 gambar, dengan hasil pelatihan menunjukkan nilai mAP sebesar 99,5%. Pengujian deteksi bola menunjukkan kemampuan sistem untuk mendeteksi bola hingga jarak 13 meter dengan nilai confidence rata-rata 0,897. Dengan memanfaatkan teknologi ini, diharapkan performa robot penjaga gawang dapat ditingkatkan dalam menghadapi strategi lawan yang dinamis pada kompetisi KRSBI Beroda.

## ABSTRACT

*This research aims to apply the YOLO V5 method to improve the accuracy of predicting the opponent's kick direction in a goalkeeper robot for the KRSBI Beroda competition. YOLO V5 is utilized to detect the ball's location and estimate the ball's incoming direction. The ball position data and the estimated incoming direction are used to determine the goalkeeper robot's movements. This system is implemented on the ROS (Robot Operating System) platform to allow for modular and distributed integration. The dataset used consists of 2611 images, with training results showing a mAP value of 99.5%. Ball detection testing demonstrated the system's ability to detect the ball up to a distance of 13 meters with an average confidence value of 0.897. By leveraging this technology, it is expected that the goalkeeper robot's performance can be enhanced in responding to the dynamic strategies of opponents in the KRSBI Beroda competition.*

### Penulis Korespondensi:

Asyal Achnan Wahyudi,  
Teknik Kelistrikan Kapal, Program Studi Teknik Otomasi,  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Kampus ITS Sukolilo Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia, Kode Pos 60111.  
Email: [asyal.achnan@student.ppns.ac.id](mailto:asyal.achnan@student.ppns.ac.id)



## 1. PENDAHULUAN

Robot sepak bola telah menjadi salah satu bidang penelitian yang sangat menarik dan menantang dalam dunia robotika. Kompetisi seperti Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI-Beroda) mendorong perkembangan teknologi dan inovasi dalam desain serta implementasi robot otonom. Salah satu tantangan utama dalam kompetisi ini adalah kemampuan robot untuk mendeteksi dan melacak bola dengan akurasi tinggi. Deteksi bola yang akurat sangat penting untuk memungkinkan robot mengambil keputusan yang tepat dan responsif dalam permainan [1]. Robot penjaga gawang adalah salah satu komponen kunci dalam kompetisi sepak bola robot. Mereka bertanggung jawab untuk menghalangi bola masuk ke gawang lawan, sekaligus mengoptimalkan kemampuan tim untuk mencetak gol. Namun, meskipun memiliki kemampuan dasar untuk mendeteksi dan mengejar bola, robot penjaga gawang sering kali menghadapi tantangan dalam menghadapi kondisi lapangan yang dinamis. Salah satu masalah utama yang dihadapi adalah keterlambatan dalam respons akibat waktu yang dibutuhkan kamera untuk mengambil gambar. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakmampuan robot dalam mengantisipasi pergerakan bola secara efektif, sehingga meningkatkan risiko kebobolan gol.

Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem prediksi arah tendangan lawan yang lebih canggih. Dengan menggunakan teknologi seperti *You Only Look Once* (YOLO) V5 dan *Robot Operating System* (ROS). Teknologi deteksi objek telah mengalami perkembangan pesat, dan salah satu metode yang paling canggih saat ini adalah *You Only Look Once* (YOLO). YOLO V5, versi terbaru dari keluarga YOLO, menawarkan kecepatan dan akurasi yang tinggi dalam mendeteksi berbagai objek, termasuk bola sepak. Namun, untuk mengintegrasikan YOLO V5 dengan sistem robot sepak bola, diperlukan platform yang handal dan fleksibel sedangkan *Robot Operating System* (ROS) adalah *framework* yang populer untuk pengembangan perangkat lunak robotika [2]. ROS menyediakan berbagai alat dan pustaka yang memudahkan pengembang dalam merancang, menguji, dan mengimplementasikan sistem robotika yang kompleks. Dengan menggunakan ROS, pengembang dapat mengintegrasikan berbagai komponen robot, seperti sensor, aktuator, dan algoritma pemrosesan data, dengan lebih efisien. Para peneliti berhasil menciptakan sistem yang mampu mempercepat respons robot penjaga gawang terhadap pergerakan bola. Sistem ini memungkinkan robot untuk mendeteksi bola dengan lebih cepat dan akurat, serta memprediksi arah tendangan lawan sehingga dapat mengambil tindakan yang tepat untuk menghalangi bola masuk ke gawang [3].

Implementasi ROS untuk deteksi bola menggunakan YOLO V5 pada robot KRSBI-Beroda diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi, sehingga robot dapat berfungsi lebih efektif dalam permainan. Penerapan ROS tidak hanya memberikan kemudahan dalam integrasi sistem, tetapi juga memungkinkan pengembangan lebih lanjut melalui modularitas dan interoperabilitas yang ditawarkannya [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi implementasi ROS dan YOLO V5 dalam meningkatkan performa deteksi bola pada robot KRSBI-Beroda. Dengan memanfaatkan keunggulan teknologi terkini dalam deteksi objek dan sistem operasi robot, diharapkan dapat diperoleh solusi yang inovatif dan efektif untuk menghadapi tantangan dalam kompetisi robot sepak bola. Dengan demikian, pengembangan robot penjaga gawang tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kinerja dalam kompetisi sepak bola robot, tetapi juga untuk mengembangkan teknologi yang dapat diterapkan dalam berbagai konteks kehidupan nyata. Dengan adanya kemajuan dalam bidang ini, diharapkan robot penjaga gawang akan menjadi lebih efektif dalam membantu manusia dalam berbagai aktivitas yang membutuhkan kecerdasan dan responsibilitas yang tinggi [5].

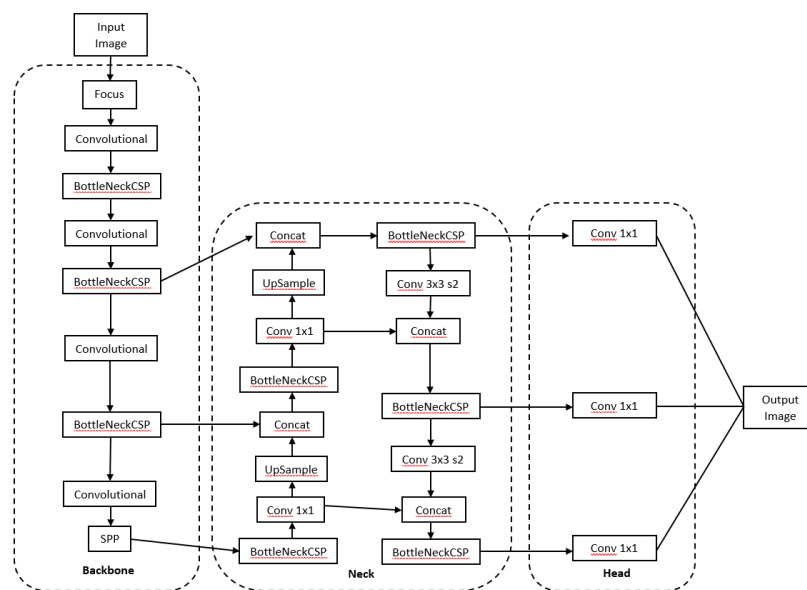
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 *You Only Look Once* (YOLO)



Metode deteksi visual yang dikenal sebagai "You Only Look Once (YOLO)" diinterpretasikan sebagai bagian integral dari evolusi algoritma, khususnya *Convolutional Neural Network (CNN)*. Algoritma ini telah dikembangkan untuk mengenali objek secara real-time dengan kecepatan mencapai 45 frame per detik. Pendekatan deteksi dilakukan dengan menerapkan pengklasifikasi atau pelokalisasi ulang pada gambar yang ditemukan di beberapa lokasi dan skala. Area dengan gambar yang diidentifikasi memberikan skor tertinggi, menandakan deteksi objek. Di dalam skema dasar CNN, banyak lapisan saling terhubung, memungkinkan proses konvolusi yang luas untuk mencapai deteksi objek dengan keyakinan tinggi [6]

Versi YOLO yang digunakan membagi gambar menjadi grid NxN dan memberikan nilai pada setiap grid, menentukan tanggung jawabnya terhadap deteksi objek. Setiap gambar diwakili oleh lima nilai: koordinat pusat kotak perbatasan, ukuran kotak batas relatif terhadap ukuran gambar input, dan kepercayaan terkait kehadiran objek. Melalui analisis grid pada setiap *frame*, grid yang relevan untuk identifikasi ditemukan dan diperhitungkan menggunakan metode IoU (*Intersection over Union*). YOLOv5 mengoptimalkan proses dengan melakukan ekstraksi fitur dan pembelajaran berbasis fitur dalam dua fase terpisah, meningkatkan efisiensi hingga 70% dibandingkan versi sebelumnya. Arsitektur jaringan terdiri dari tulang belakang, leher, dan kepala, dengan parameter jaringan yang dijelaskan dalam tabel. Parameter CNN sangat ditekankan dalam konteks ini [7].



Gambar 1. Yolo V5

## 2.2 Robot Operating System (ROS)

*Robot Operating System (ROS)* adalah sebuah *platform* yang dibangun di atas sistem operasi Linux, dirancang khusus untuk pengembangan robot bergerak. ROS memungkinkan pengembang untuk menciptakan, mengembangkan, dan memelihara sistem robotika yang kompleks [8]. ROS terdiri dari sekumpulan node, di mana setiap node merupakan program tersendiri yang bertanggung jawab atas fungsi tertentu. ROS Master berperan sebagai bus pesan yang memfasilitasi komunikasi antar node. Dengan demikian, ROS memungkinkan pengembang untuk membangun sistem robotika yang terdiri dari berbagai komponen yang saling terhubung. Selain itu, ROS menyediakan berbagai alat visualisasi yang memungkinkan pengembang untuk memantau dan menganalisis sistem robotika yang sedang berjalan. ROS dapat digunakan untuk berbagai jenis robot, mulai dari robot bergerak hingga robot manipulator, dan dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi, seperti Linux, Windows, dan macOS [9].



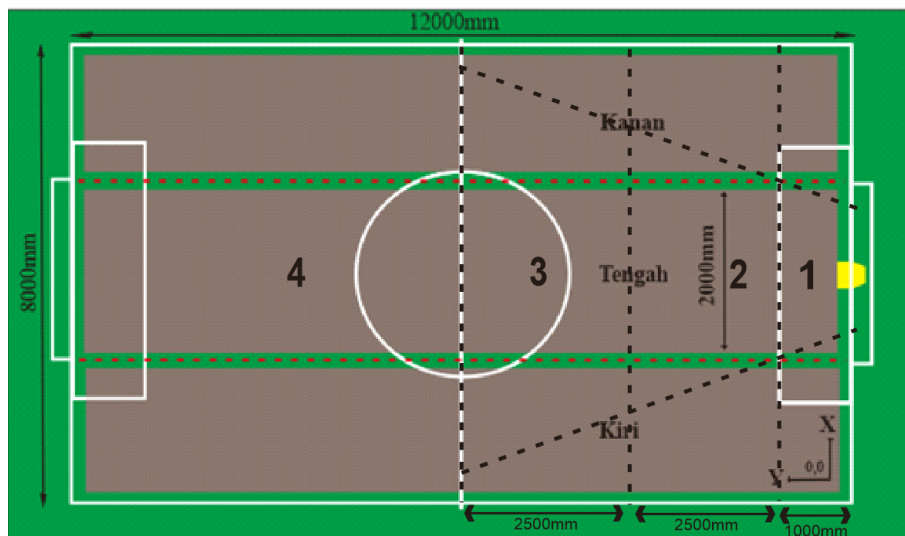


Gambar 2. Robot Operating System (ROS)

Dalam penelitian ini, ROS versi yang digunakan adalah "Noetic", yang merupakan salah satu distribusi ROS versi LTS (*Long Term Support*) yang mendukung sistem hingga lima tahun, yaitu dari tahun 2018 hingga 2023. Versi ini telah didukung oleh banyak pengembangan perangkat lunak robot oleh komunitas ROS [10].

### 2.3 Arena Atau Bentuk Lapangan

Lapangan dibagi menjadi empat wilayah, yaitu wilayah satu dengan ukuran 1000mm, wilayah dua dengan ukuran 2500mm, wilayah tiga ukuran 2500mm, dan wilayah empat dengan ukuran 6000mm. Wilayah satu merupakan wilayah yang dimana robot lawan tidak diperbolehkan untuk melakukan tendangan ke gawang, sementara wilayah dua dan tiga adalah area untuk robot lawan bisa melepaskan tendangan ke gawang. Dan untuk wilayah empat merupakan wilayah diluar jangkauan prediksi teknik trigonometri, karena strategi pada saat bola terdeteksi pada wilayah empat robot kiper akan tetap berada pada posisi tengah gawang [11].



Gambar 3. Arena atau Lapangan

Robot kiper berada diposisi tengah gawang untuk menunggu bola yang akan masuk di wilayah dua dan tiga, agar respon prediksi jauh lebih baik dan tepat. Jika wilayah empat dimasukkan ke strategi prediksi, bisa menyebabkan perhitungan trigonometri menjadi error, karena banyak penghalang seperti robot lawan maupun robot teman yang bisa mempengaruhi pandangan yang ditangkap oleh kamera robot kiper.

- Wilayah 1 : Diwakilkan oleh indeks 1.
- Wilayah 2 : Diwakilkan oleh indeks 2.
- Wilayah 3 : Diwakilkan oleh indeks 3.
- Wilayah 4 : Diwakilkan oleh indeks 4.

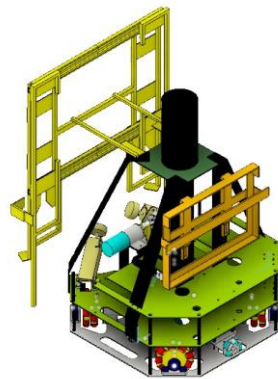


## 2.4 Desain Bentuk Robot

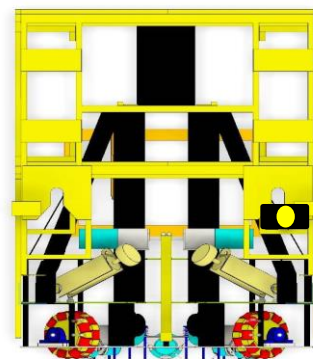
Desain mekanik robot ini dikembangkan sesuai dengan peraturan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda tahun 2023. Dimensi dan ukuran robot dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: panjang 501 mm, lebar 508 mm, tinggi 800 mm, dan berat 30 kg. Desain sistem mekanik robot yang akan digunakan dalam penelitian ini dirancang dengan mempertimbangkan standar kompetisi dan kebutuhan fungsional robot. Sebelum memulai proses pembuatan mekanik, desainer disarankan untuk meninjau dan memverifikasi hasil desain menggunakan aplikasi *Autocad*. Ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain yang dibuat sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan dan mengidentifikasi potensi masalah sejak dini.

Desain mekanik ini mencakup berbagai komponen penting seperti kerangka utama, sistem roda, dan perangkat penggerak. Kerangka utama robot dibuat dari bahan yang ringan namun kuat untuk menjaga keseimbangan antara kestabilan dan mobilitas. Sistem roda dirancang untuk memberikan gerakan yang halus dan responsif, memungkinkan robot untuk bergerak dengan cepat dan akurat di lapangan. Perangkat penggerak, termasuk motor dan transmisi, dipilih berdasarkan kebutuhan daya dan efisiensi energi untuk memastikan performa optimal selama kompetisi [12].

Dengan menggunakan *Autocad*, desainer dapat memvisualisasikan dan menyimulasikan desain dalam lingkungan 3D, melakukan pengukuran presisi, dan melakukan perubahan yang diperlukan sebelum memasuki tahap produksi. Hal ini tidak hanya membantu dalam mengoptimalkan desain tetapi juga mengurangi risiko kesalahan dan mempercepat proses pengembangan. Peninjauan dan pengujian yang cermat pada tahap awal ini sangat penting untuk keberhasilan proyek dan memastikan bahwa robot dapat beroperasi sesuai dengan harapan selama kompetisi.



Gambar 4. Desain Tampak Samping



Gambar 5. Desain Tampak Depan


## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Proses Training YOLO V5

Dataset dalam penelitian ini terdiri dari gambar-gambar bola yang dikategorikan berdasarkan warna (orange) dan bentuk (bulat). Tabel 1 menunjukkan klasifikasi citra bola menurut kategori tersebut. Dataset ini digunakan untuk mengembangkan dan menguji algoritma deteksi bola pada robot sepak bola, dengan gambar yang dikumpulkan dari berbagai sumber dan diproses untuk memastikan kualitas dan konsistensi. Setiap gambar diberi label sesuai kategori yang ditentukan untuk memudahkan pelatihan model deteksi objek. Pengelompokan gambar berdasarkan warna dan bentuk meningkatkan akurasi model dengan memungkinkan pembelajaran karakteristik visual spesifik. Dataset yang terorganisir juga mendukung validasi dan evaluasi performa model secara akurat. Proses pengolahan dataset mencakup pengumpulan, pelabelan, dan augmentasi data, seperti rotasi, skala, dan perubahan pencahayaan, untuk meningkatkan variasi dan jumlah sampel. Dengan dataset yang lengkap dan berkualitas, diharapkan model deteksi bola dapat mencapai kinerja optimal dalam kecepatan dan akurasi, mendukung peningkatan performa robot dalam kompetisi sepak bola.



Tabel 1. Dataset

Class	Gambar Dataset	Jumlah
Bola Oranye (1920 x 1080)		2611
<b>Jumlah Dataset</b>		2611

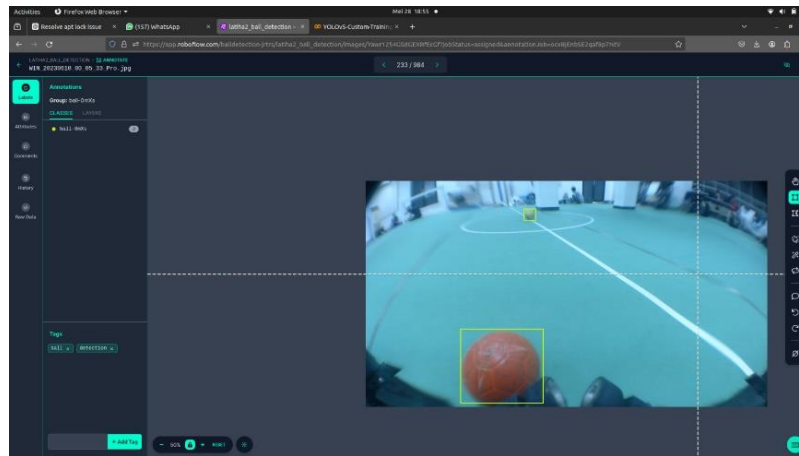
Dalam penelitian ini, digunakan dataset yang terdiri dari 1867 gambar untuk train set, 489 gambar untuk valid set, dan 255 gambar untuk test set, dengan total keseluruhan dataset sebanyak 2611 gambar. Tujuan utama dari penggunaan dataset yang besar ini adalah untuk meningkatkan jumlah data pelatihan, karena semakin banyak data yang digunakan, semakin akurat model dalam mendeteksi objek. Dengan demikian, diharapkan sistem mampu mendeteksi bola di seluruh area lapangan dengan lebih konsisten dan akurat. Dataset yang besar dan beragam memungkinkan model deteksi objek untuk belajar dan mengenali berbagai variasi dalam penampilan bola, seperti perubahan pencahayaan, sudut pandang, dan posisi di lapangan. Hal ini sangat penting untuk memastikan bahwa model dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi nyata yang bervariasi selama pertandingan. Pembagian dataset menjadi *train set*, *valid set*, dan *test set* juga dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa model dapat diuji dan divalidasi secara akurat. Train set digunakan untuk melatih model, *valid set* digunakan untuk mengoptimalkan dan menyetel *hyperparameter*, sementara *test set* digunakan untuk mengevaluasi kinerja akhir model.

Dengan jumlah gambar yang besar dalam setiap set, pelatihan model dapat menghasilkan sistem yang lebih robust dan mampu generalisasi dengan baik, serta mengurangi risiko overfitting sehingga performa tetap stabil saat menghadapi gambar baru. Augmentasi data seperti rotasi, perubahan skala, dan modifikasi pencahayaan diterapkan untuk meningkatkan variasi dan adaptabilitas model terhadap kondisi lapangan yang bervariasi. Pendekatan ini diharapkan menghasilkan sistem deteksi bola yang optimal, memungkinkan robot mendeteksi bola dengan akurasi tinggi di seluruh lapangan dan meningkatkan kemampuan robot dalam Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda. Proses selanjutnya adalah pelabelan, yang penting dalam pengolahan dataset, di mana setiap gambar diberi label





menggunakan teknik kotak pembatas atau bounding box untuk menandai area objek. Label kelas untuk bola adalah "Bola" untuk class 0, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Labelling dataset

Hasil dari proses pelabelan ini berupa anotasi gambar yang menunjukkan koordinat *width* ( $X_1$  dan  $X_2$ ) serta *height* ( $Y_1$  dan  $Y_2$ ) dari *bounding box* dalam bentuk tulisan, sehingga memudahkan pengolahan data dan pemrosesan selanjutnya. Dalam penelitian ini, tahap pelabelan dilakukan secara cermat dan teliti untuk memastikan dataset yang dihasilkan berkualitas tinggi dan dapat memberikan hasil yang maksimal dalam pembuatan sistem. Contoh hasil anotasi citra dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Anotas Citra

No.	Class	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$
1	0	0.5289	0.6921	0.1156	0.1054
2	0	0.4054	0.5671	0.0593	0.0281
3	0	0.4953	0.5492	0.0398	0.0195
4	0	0.3398	0.5484	0.0617	0.0265
5	0	0.2656	0.5296	0.1796	0.0093
6	0	0.4578	0.5335	0.0171	0.0085
7	0	0.7265	0.5414	0.0226	0.0109
8	0	0.5125	0.4710	0.0734	0.0335
9	0	0.5031	0.4234	0.0656	0.0328
10	0	0.2148	0.4882	0.0492	0.0210

Berdasarkan tabel yang berjudul "Tabel 2. Hasil Anotas Citra", kita dapat melakukan analisis dan pembahasan data yang disajikan. Tabel ini terdiri dari beberapa kolom yaitu No., Class,  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ , dan  $Y_2$ . Semua entri dalam kolom 'Class' memiliki nilai 0, yang menunjukkan bahwa semua pengamatan berada dalam kategori yang sama. Kolom  $X_1$  dan  $Y_1$  merepresentasikan koordinat dari satu titik dalam citra, sementara  $X_2$  dan  $Y_2$  merepresentasikan koordinat dari titik lain. Dari analisis statistik deskriptif, kita dapat melihat bahwa nilai rata-rata untuk  $X_1$  adalah 0.4654 dan untuk  $Y_1$  adalah 0.5480, dengan rentang nilai masing-masing dari 0.2148 hingga 0.7265 untuk  $X_1$  dan dari 0.4234 hingga 0.6921 untuk  $Y_1$ . Kedua kolom ini menunjukkan variabilitas sedang, dengan standar deviasi 0.1452 untuk  $X_1$  dan 0.0748 untuk  $Y_1$ .

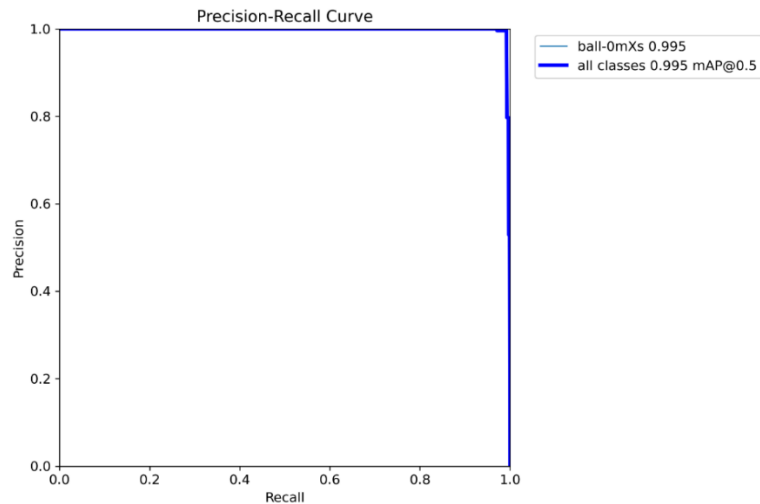
Sementara itu, koordinat  $X_2$  dan  $Y_2$  memiliki nilai yang lebih kecil dan rentang yang lebih sempit. Rata-rata  $X_2$  adalah 0.0635 dan  $Y_2$  adalah 0.0226, dengan rentang nilai dari 0.0171 hingga 0.1796 untuk  $X_2$  dan dari 0.0085 hingga 0.1054 untuk  $Y_2$ . Meskipun nilai rata-ratanya kecil, standar deviasi untuk kedua kolom ini cukup tinggi, yaitu 0.0445 untuk  $X_2$  dan 0.0303 untuk  $Y_2$ , menunjukkan adanya variasi yang signifikan.



Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa koordinat X1 dan Y1 cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dan variabilitas yang moderat, sementara X2 dan Y2 terkonsentrasi pada nilai yang lebih rendah namun dengan variasi yang cukup besar. Informasi ini dapat sangat berguna dalam tugas-tugas seperti deteksi objek, segmentasi citra, atau aplikasi visi komputer lainnya dimana presisi dalam penempatan fitur sangat diperlukan. Dengan demikian, tabel ini memberikan wawasan yang berguna tentang pola distribusi dan variabilitas dari koordinat-koordinat yang dianotasi, yang bisa dijadikan dasar untuk analisis lebih lanjut atau pengembangan model dalam konteks analisis citra.

### 3.2 Hasil Training YOLO V5

Proses pelatihan berlangsung selama sekitar 3 jam. Setelah pelatihan selesai, diperoleh *Precision-Recall Curve* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pelatihan yang memakan waktu 3 jam ini melibatkan penggunaan dataset yang besar dan beragam untuk memastikan bahwa model dapat mengenali berbagai kondisi dan variasi penampilan bola di lapangan. *Precision-Recall Curve* yang dihasilkan adalah alat penting untuk mengevaluasi kinerja model deteksi objek. Kurva ini membantu dalam memahami *trade-off* antara presisi dan *recall*, yang merupakan dua metrik kunci dalam penilaian akurasi model.



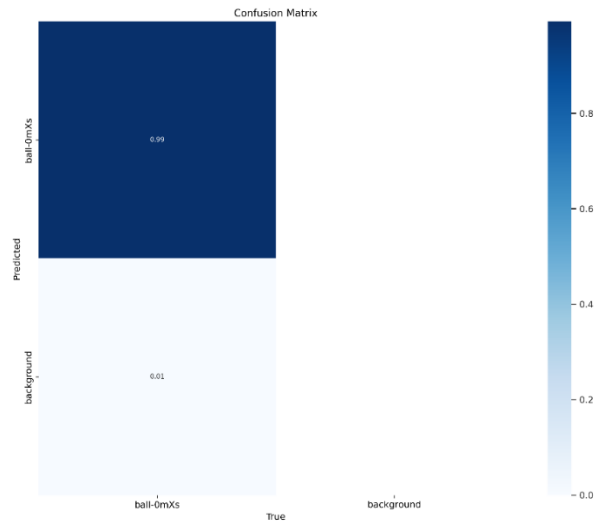
Gambar 5. Precision-Recal Curve

Berdasarkan pada Gambar 6, didapatkan nilai mAP (*mean Average Precision*) sebesar 99,5 % yang menandakan bahwa model dapat memprediksi kelas dari objek dengan baik, karena semakin tinggi nilai mAP maka kinerja model juga semakin baik. Sehingga semakin besar nilai mAP maka semakin baik model yang dihasilkan setelah proses *training*. Parameter pelatihan yang digunakan dalam tugas akhir ini, *batch* yang digunakan sebesar 32, dan *epochs* yang digunakan sebesar 500. Tetapi pada *epochs* 287 proses *training* berhenti, karena tidak ada perbaikan yang terlihat dalam *epochs* 100 terakhir, dan hasil terbaik diamati pada *epochs* 186.

Untuk menghitung nilai akurasi confusion matrix, dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan berikut, dengan variabel *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN) yang dapat dilihat pada Gambar 8.







Gambar 6. Confusion Matrix

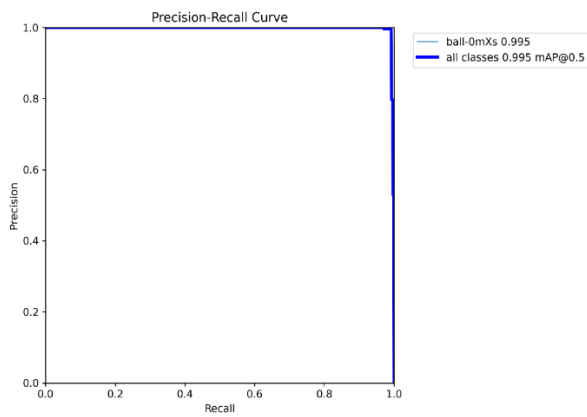
Dari nilai TP = 0.99, TN = 0, FP = 0, dan FN = 0.01 yang didapat dari Gambar 4.16, dan dapat dihitung nilai accuracy seperti pada persamaan 1.

$$accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$$

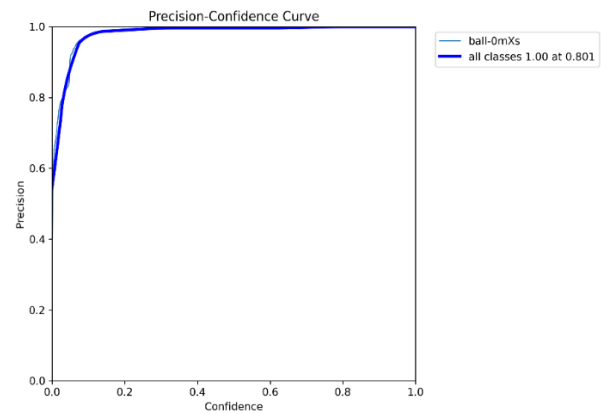
$$accuracy = \frac{0.99+0}{0.99+0+0+0.01}$$

$$accuracy = \frac{0.99}{0.99+0}$$

$$accuracy = 0.99$$

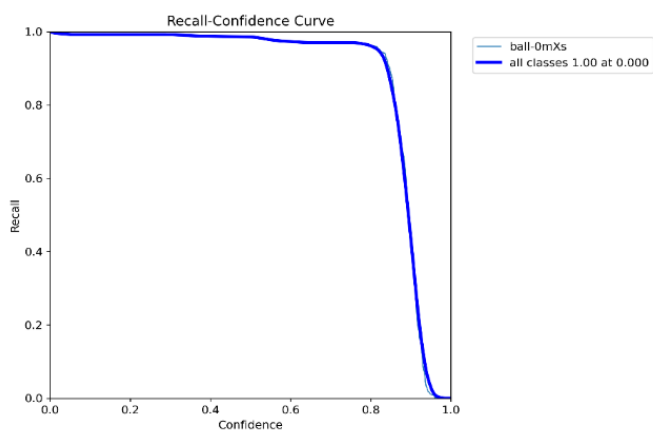


Gambar 7. Accuracy Curve

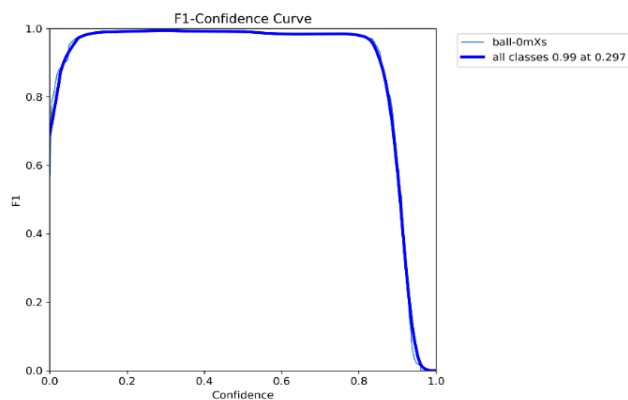


Gambar 8. Precision Curve





Gambar 9. Recall Curve



Gambar 10. F-Score Curve

Pada Gambar 9 merupakan grafik accuracy yang didapat saat training dataset, Gambar 10 merupakan grafik precision yang didapat saat training dataset, sedangkan Gambar 11 grafik recall yang didapat juga saat training dataset, dan yang terakhir Gambar 12 merupakan grafik f-score yang diperoleh saat training dataset.

### 3.4 Pengujian Deteksi Bola

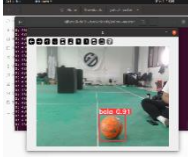
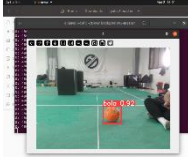
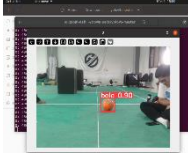

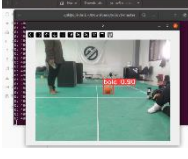


Pengujian deteksi bola ini bertujuan untuk menentukan jarak maksimal di mana sensor kamera pada robot penjaga gawang dapat mendeteksi bola. Beberapa parameter yang diuji meliputi warna bola, tingkat kepercayaan deteksi, dan tingkat kecerahan di sekitar bola, yang diukur menggunakan aplikasi lux meter. Dalam proses pengujian, bola ditempatkan pada jarak tertentu dari robot penjaga gawang, dimulai dari jarak 6 meter, yang diukur dengan alat ukur meteran. Pengamatan dilakukan untuk memastikan apakah bola masih terdeteksi dalam frame gambar yang ditangkap oleh kamera. Jarak terjauh yang dapat dideteksi ditentukan ketika bola tidak lagi terlihat atau terdeteksi dalam frame gambar.

Hasil pengujian ini akan terlihat pada frame gambar yang dihasilkan, di mana bola yang terdeteksi akan dikelilingi oleh garis merah yang menandai batas antara bola dan latar belakang. Pengujian ini memungkinkan kita untuk mengetahui jarak maksimum di mana robot penjaga gawang masih dapat mendeteksi bola dengan akurasi yang cukup tinggi. Uji ini sangat penting untuk mengevaluasi kemampuan sensor kamera dalam mengenali bola pada berbagai jarak, sehingga kita dapat menentukan jarak maksimum yang bisa dijaga oleh robot penjaga gawang dalam menghadapi pergerakan bola selama pertandingan.




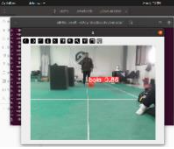
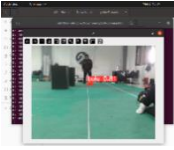


Melalui pengujian ini, diharapkan dapat diperoleh informasi tentang batas jarak terjauh yang masih dapat diandalkan untuk deteksi bola. Informasi ini sangat berguna dalam merancang strategi permainan dan mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga gawang secara efektif. Dengan mengetahui jarak maksimal deteksi, robot penjaga gawang dapat dioptimalkan untuk memberikan respons yang cepat dan tepat terhadap pergerakan bola, meningkatkan performa keseluruhan dalam menjaga gawang.



TABEL 2. Pengujian deteksi Bola

No.	Kamera <i>Logitech</i>	Jarak Bola (m)	Keterangan		Intensitas Cahaya (Lux)
			Status Deteksi	Nilai <i>Confidence</i>	
1.		6.5	Terdeteksi	0.91	312
2.		7	Terdeteksi	0.92	340
3.		7.5	Terdeteksi	0.90	382
4.		8	Terdeteksi	0.90	411
5.		8.5	Terdeteksi	0.90	391
6.		9	Terdeteksi	0.91	408
7.		9.5	Terdeteksi	0.91	411



8.		10	Terdeteksi	0.91	458
Keterangan					
No.	Kamera <i>Logitech</i>	Jarak Bola (m)	Status Deteksi	Nilai <i>Confidence</i>	Intensitas Cahaya (Lux)
9.		10.5	Terdeteksi	0.89	453
10.		11	Terdeteksi	0.78	421
11.		11.5	Terdeteksi	0.86	429
12.		12	Terdeteksi	0.81	426
13.		12.5	Terdeteksi	0.76	374
14.		13	Terdeteksi	0.77	336
Rata-rata nilai <i>Confidence</i>					0.897

Berdasarkan tabel yang disajikan, kita dapat melakukan analisis dan pembahasan terkait deteksi bola menggunakan kamera *Logitech* pada berbagai jarak dan intensitas cahaya. Tabel ini mencakup informasi tentang jarak bola dari kamera, status deteksi, nilai kepercayaan (*confidence*), dan intensitas cahaya. Semua pengamatan menunjukkan bahwa bola berhasil terdeteksi. Nilai kepercayaan deteksi berkisar antara 0.76 hingga 0.92, dengan rata-rata 0.897, yang menunjukkan bahwa deteksi bola umumnya memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi.



Pada jarak antara 6.5 hingga 10 meter, nilai confidence relatif stabil di sekitar 0.90 hingga 0.92. Namun, setelah jarak 10 meter, nilai confidence mulai menurun, dengan penurunan yang lebih signifikan terjadi pada jarak antara 11 hingga 13 meter, di mana nilai confidence turun hingga 0.76. Ini menunjukkan bahwa kamera Logitech mampu mendeteksi bola dengan tingkat kepercayaan tinggi hingga jarak 10 meter, tetapi kemampuan deteksi mulai menurun pada jarak lebih jauh. Selain itu, intensitas cahaya bervariasi dari 312 lux hingga 458 lux. Meskipun tidak ada pola yang sangat jelas antara intensitas cahaya dan nilai confidence, nilai-nilai confidence yang lebih rendah cenderung muncul pada intensitas cahaya yang lebih rendah. Pada intensitas cahaya antara 312 hingga 458 lux, deteksi tetap dapat dilakukan dengan nilai *confidence* yang relatif tinggi. Ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang lebih tinggi umumnya membantu dalam meningkatkan nilai confidence, meskipun faktor lain mungkin juga berperan dalam kemampuan deteksi.

Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa kamera Logitech efektif dalam mendeteksi bola pada jarak hingga 10 meter dengan nilai confidence yang tinggi, asalkan intensitas cahaya memadai. Pada jarak lebih dari 10 meter, kemampuan deteksi menurun, yang terlihat dari penurunan nilai confidence. Kondisi pencahayaan yang memadai sangat penting untuk mendapatkan hasil deteksi yang optimal. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor lain yang mempengaruhi deteksi dan untuk mengoptimalkan penggunaan kamera ini dalam berbagai kondisi.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode YOLO V5 untuk meningkatkan akurasi prediksi arah tendangan lawan pada robot penjaga gawang dalam kompetisi KRSBI Beroda. YOLO V5 digunakan untuk mendeteksi lokasi bola, yang kemudian diintegrasikan pada platform Robot Operating System (ROS) untuk modularitas dan skalabilitas. Dataset yang digunakan terdiri dari 2611 gambar, dengan pembagian 1867 gambar untuk train set, 489 gambar untuk valid set, dan 255 gambar untuk test set. Hasil pelatihan menunjukkan nilai mAP (*mean Average Precision*) sebesar 99,5%, yang mengindikasikan kemampuan model dalam memprediksi kelas objek dengan sangat baik. Pengujian deteksi bola menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi bola hingga jarak 13 meter dengan nilai confidence rata-rata 0,897. Implementasi teknologi ini berhasil meningkatkan performa robot penjaga gawang dalam menghadapi strategi lawan yang dinamis. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan robot sepak bola untuk kompetisi KRSBI Beroda, dengan meningkatkan kemampuan deteksi dan prediksi pergerakan bola. Secara keseluruhan, penelitian ini mendemonstrasikan keberhasilan dalam mengembangkan sistem deteksi yang akurat untuk robot penjaga gawang, yang dapat meningkatkan performa dalam kompetisi robot sepak bola.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agencyelectronics. (2023). RotaryEncoder. [Online]. Available: <https://agencyelectronics.com/en/products/592933-lpd3806-400bm-g5-24c-incremental-rotary-encoder>
- [2]. A. D. Alhajir, Y. V. Via, and W. S. J. Saputra, "Sistem Pendeteksi Objek Beras Dan Benda Asing Berbasis Keras Dan Google Colab," *Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 3, pp. 580–586, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33005/jifosi.v2i3.369>
- [3]. Colabgoogle. (2023). Colabgoogle. [Online]. Available: <https://colab.google/%0A>
- [4]. Cytron. (2023). Powerwindow. [Online]. Available: <https://www.cytron.io/p-power-window-motor-wira-left>
- [5]. W. Darmawan, "OPTIMASI STRATEGI KEPUTUSAN ROBOT PENYERANG MENGGUNAKAN METODE DECISION TREE PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA," 2023.
- [6]. Diymore. (2023). STM32F4. [Online]. Available: <https://www.diymore.cc/products/stm32f4-discovery-stm32f407vgt6-microcontroller-32bit-flash-mcu-arm-cortex-m4-core-development-board>
- [7]. Gearpowermotor. (2021). DC planetary gearmotor. [Online]. Available: <https://www.gearpowermotor.com/productinfo/508655.html?templateId=1133605>
- [8]. H. Hendri, L. Hoki, V. Augusman, and D. Aryanto, "PENERAPAN MACHINE LEARNING UNTUK MENGATEGORIKAN SAMPAH PLASTIK RUMAH TANGGA," *Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [9]. V. R. Hidayat, "FILTER GANGGUAN PADA HASIL PREDIKSI GERAKAN ARAH BOLA ROBOT PENJAGA GAWANG DENGAN METODE KALMAN FILTER," 2023.
- [10]. A. Jalil, "PANDUAN LENGKAP ROBOT OPERATING SYSTEM (ROS)," 2023.



- [11]. B. Kusumoputro, M. Purnomo, H. S. Rochardjo, G. Prabowo, D. Purwanto, E. Pitowarno, E. Mozef, Indrawanto, K. Mutijarsa, and A. Muis, "Buku Pedoman Kontes Robot Indonesia (Kri) Tahun 2023," Balai Pengembangan Talenta Indonesia Pusat Prestasi Nasional Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi, pp. 1–150, 2023.
- [12]. A. Khumaidi et al., "Design of a Fire Spot Identification System in PT. PAL Indonesia Work Area Using YOLOv5s," *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2024.

