

**DETEKSI BOLA PADA ROBOT *SOCCER* BERODA MENGGUNAKAN
MODEL YOLOV8**

SKRIPSI

Oleh :
AQZA TRI ANANDA HAT
NIM. 200605110058



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**DETEKSI BOLA PADA ROBOT *SOCCER* BERODA MENGGUNAKAN
MODEL YOLOV8**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh :
AQZA TRI ANANDA HAT
NIM. 200605110058

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

**DETEKSI BOLA PADA ROBOT *SOCCER* BERODA MENGGUNAKAN
MODEL YOLOV8**

SKRIPSI

**Oleh :
AQZA TRI ANANDA HAT
NIM. 200605110058**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 22 Desember 2025

Pembimbing I,



Shoffin Nahwa Utama, M.T
NIP. 19860703 202012 1 003

Pembimbing II,



Dr. M. Imamudin, Lc, MA
NIP. 19740602 200901 1 010

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Supriyono, M. Kom
NIP 19841010 201903 1 012

HALAMAN PENGESAHAN

DETEKSI BOLA PADA ROBOT *SOCCER* BERODA MENGGUNAKAN MODEL YOLOV8

SKRIPSI

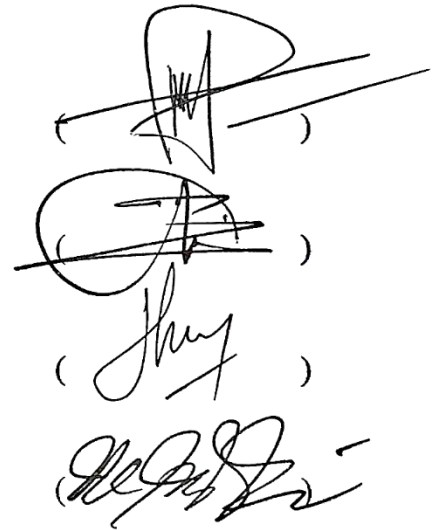
Oleh :

AQZA TRI ANANDA HAT
NIM. 200605110058

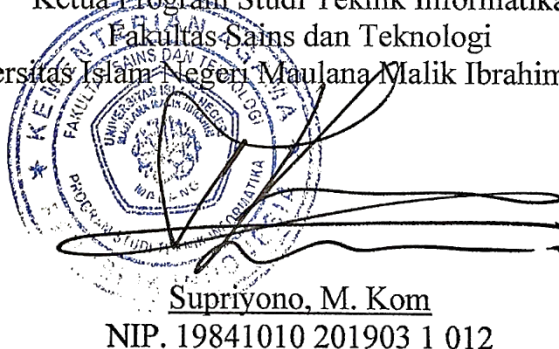
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 22 Desember 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> NIP. 19830616 201101 1 004
Anggota Penguji I	: <u>Ajib Hanani, M.T</u> NIP. 19840731 202321 1 013
Anggota Penguji II	: <u>Shoffin Nahwa Utama, M.T</u> NIP. 19860703 202012 1 003
Anggota Penguji III	: <u>Dr. M. Imamudin, Lc, MA</u> NIP. 19740602 200901 1 010



Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Supriyono, M. Kom
NIP. 19841010 201903 1 012

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aqza Tri Ananda HAT
NIM : 200605110058
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Deteksi Bola Pada Robot *Soccer* Beroda
Menggunakan Model YOLOv8

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



Aqza Tri Ananda HAT
NIM. 200605110058

MOTTO

“Menuju tak terbatas dan melampauinya.”

*“Jika ada kesempatan di depan mata ambillah dan janganlah
kamu takut untuk gagal, karena kegagalan adalah sebuah
bukti bahwa dirimu belum bisa, maka belajarliah dari
kegagalan tersebut.”*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan

Hidayah-Nya sehingga penulis diberi kemudahan dalam

Menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

Saya persembahkan karya ini kepada:

Mama tercinta dan tersayang, Parida

Yang selalu menemani dan membimbing serta mendorong saya untuk menyelesaikan Perkuliahan ini dengan sabar dan doa yang terus tercurahkan.

Bapak tercinta dan tersayang, Abu Hasan

Yang selalu mengingatkanku untuk selalu berdoa dan berserah diri kepada Allah SWT.

Kakakku, Akbar Haiqal HAT

Yang selalu sabar dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Kakakku, Aida Dwi Agnes HAT

Yang selalu mendukung dan memberi semangat.

Segenap keluarga besar

Yang juga mendukung dan selalu memberikan doa dan semangat tiada henti.

Dan diri saya sendiri.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan Syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Deteksi Bola Pada Robot Soccer Beroda Menggunakan Model YOLOv8”. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Semoga kita semua mendapatkan syafaatnya di akhirat kelak, Aamiin.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis merasa bahwa banyak pihak yang turut ambil peran dan terlibat baik dalam proses membimbing, penulisan, dan memberikan semangat serta dukungan baik itu secara moril atau materiil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. H. Agus Mulyono, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Supriyono, M. Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Shoffin Nahwa Utama, M.T selaku Dosen Pembimbing satu, yang selalu bisa memposisikan diri sebagai teman bahkan bapak kedua yang telah memberikan banyak arahan, saran, masukan, serta kemudahan di hampir setiap jam dan hari sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tanpa adanya tekanan.

5. Dr. M. Imamudin, Lc, MA, selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T dan Ajib Hanani, M.T, dosen Penguji I dan dosen Penguji II yang telah menguji serta memberikan banyak saran serta masukan dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Nia Faricha S, Si., selaku admin Program Studi Teknik Informatika yang selalu sabar dalam memberikan informasi, membantu, dan memberikan arahan selama perkuliahan dan proses penulisan skripsi ini.
8. Seluruh Dosen, Admin, Laboran dan jajaran Staf Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan banyak bantuan selama studi ini.
9. Surgaku, Semestaku, Duniaku, Mamaku tercinta dan tersayang Parida yang telah menjadi tujuan dan sumber semangat untuk terus melangkah dan mengejar mimpi penulis. Doa dan dukungan Mama yang tiada henti selalu mengiringi perjalanan penulis dari awal hingga saat skripsi ini selesai. Mama yang selalu memberikan jalan keluar jika ada kesulitan dan kesusahan. Terima kasih Mama.
10. Pondasi, akar yang kuat, penasehat terbaik, Bapakku tercinta dan tersayang Abu Hasan yang selalu memberikan nasihat dan pengingat untuk selalu berada di jalan yang benar. Doa dan ajaran Bapak yang tiada henti selalu memotivasi penulis untuk terus berjuang dan tahan banting dari setiap ujian yang diberikan ke penulis.

11. Tulang punggung, panutan, Kakakku Akbar Haiqal HAT yang tiada henti mengingatkanku untuk satu tujuan dan tidak boleh keluar dari tujuan yang satu tersebut. Penulis sadar, tanpa adanya Kakak penulisan skripsi ini tidak akan selesai dan terbengkalai.
12. Si Cantik dan yang terbaik, Kakakku Aida Dwi Agnes HAT yang sangat bisa diandalkan ketika penulis memerlukan sesuatu. Kakak yang selalu ada membuat penulis bisa bertahan dan bisa selalu mengekspresikan diri.
13. Segenap keluarga besar penulis, Ibu Supi, Tante Cuna, Tante Mini, Tante Teli, Om Deden, Mama Tua, Kakak Ulli, Kakak Zaldy, Kakak Tika, Kakak Anti, Kakak Sukma, dan semua yang tidak bisa penulis tulis satu persatu, terima kasih atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang mengalir tiada henti. Semoga apa yang diberikan ke penulis dapat berbalik berlipat ganda, Aamiin.
14. Juniardi Nur Fadila, M.T, selaku dosen juga mentor yang memberikan banyak pengalaman bermakna dan berharga baik dalam akademik dan non-akademik.
15. Muhammad Faza Abdillah, teman kos SKD yang bisa meminjamkan motornya ketika penulis butuh pada masa perkuliahan, sahabat dari awal masuk kuliah yang selalu menemani dan memberikan bantuan.
16. Muhammad Emilul Fata, teman kos SKD yang juga tiada henti mau meminjamkan motornya untuk kemudahan dalam mengerjakan skripsi ini.

17. Teman teman kos SKD, Mohammad Yoga Pratama, Fahrendra Khoirul Ihtada, Moh. Heri Susanto, Muhammad Dafa Wardana yang menemani saya dan menjadikan kos sebagai rumah dan keluarga kecil.
18. Mas Risal, yang menjadi kakak penulis di Malang yang selalu memberikan tempat teduh dan bantuan baik itu akademik maupun non akademik, serta mengajak penulis untuk berpetualang di tanah Jawa, baik itu di gunung, pantai, kota, dan desa.
19. Keluarga besar Teknik Informatika khususnya Angkatan 2020 “INTEGER”, yang telah berperan aktif dalam memberikan dukungan dan kebersamaan selama perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
20. Teman-teman ONTAKI periode 2021 dan periode 2022 yang selalu sabar dan setia dalam proses pengembangan diri penulis.
21. Teman-teman HMPS “ENCODER” Teknik Informatika periode 2021 dan periode 2022 yang selalu memberikan masukan serta pembelajaran dalam proses pembentukan diri yang lebih kritis.
22. Teman-teman online dan se-hobi penulis, AisaReine, MorEunia, JeVolante, Intanium, Freyanation, Lanautica, yang membukakan sumber kesenangan dan ilmu baru dalam desain, organisasi, kekeluargaan, dan nilai ikhlas dalam mendukung seseorang.
23. FJ, sosok tangguh yang menemani dikala penulis sedang kurang termotivasi. Serta NI dan JE yang menjadi sumber kesenangan dan motivasi penulis dalam mengerjakan skripsi ini.

24. Seluruh pihak dan teman-taman penulis yang tidak bisa penulis tulis satu persatu yang telah terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung dari awal perkuliahan hingga akhir penulisan skripsi ini.
25. *Lastly. I wanna thank me, myself, and I for always beliving, never stop, and always be there for myself alone. Thank you for being your true self, me.*

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna dan mungkin masih terdapat kesalahan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik serta saran yang membangun untuk mengembangkan skripsi ini sehingga bisa bermanfaat bagi dirinya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 22 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
المخلص	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Robot <i>Soccer</i>	10
2.2.1 Robot <i>Soccer</i> Beroda	11
2.3 YOLO	11
2.3.1 YOLOv8	13
2.4 Arduino Uno	13
2.5 Raspberry Pi	14
2.5.1 Raspberry Pi 3	15
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	17
3.1 Analisis Kebutuhan	18
3.1.1 Kebutuhan <i>Hardware</i>	18
3.1.2 Kebutuhan <i>Software</i>	18
3.2 Desain Sistem	18
3.2.1 Pengumpulan Data	19
3.2.2 Diagram Blok	19
3.2.4 Desain Robot	21
3.3 Implementasi Model YOLOv8	23
3.3.1 Rancangan Data	24
3.3.2 Rancangan Sistem <i>Training</i>	25
3.3.3 Rancangan Deteksi Objek	26
3.4 Rencana Pengujian	28
3.4.1 Skema Pengujian	28
3.4.2 Analisis dan Pengukuran Data	30

3.4.3 Visualisasi Hasil Pengujian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Implementasi Hardware	32
4.2 Hasil Implementasi	33
4.2.1 Implementasi YOLOv8.....	33
4.2.2 Pengujian Deteksi Bola.....	34
4.2.3 Pengujian Navigasi Robot	38
4.2.4 Grafik Hasil Pengujian.....	39
4.3 Pembahasan.....	42
4.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja	42
4.3.2 Solusi dan Perbaikan	43
4.4 Integrasi Penelitian dengan Islam	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur penelitian.....	17
Gambar 3.2 Diagram blok desain sistem	19
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Desain sistem.....	20
Gambar 3.4 Desain Robot <i>Soccer</i> 3D Tinkercad	21
Gambar 3.5 Desain Robot <i>Soccer</i> Bagian Bawah 3D Tinkercad	22
Gambar 3.6 Desain Robot <i>Soccer</i> Bagian Atas 3D Tinkercad	22
Gambar 3.7 Desain Sistem Deteksi YOLOv8.....	23
Gambar 3.8 Diagram Blok Rancangan Data.....	24
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Sistem <i>Training</i>	26
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> Deteksi Objek	27
Gambar 4.1 Design Akhir dari Robot Soccer	32
Gambar 4.2 Frame kamera mendeteksi bola pada jarak 1 Meter.....	35
Gambar 4.3 Deteksi kamera selesai dan robot bergerak	36
Gambar 4.4 Output dari kirimdatayolo2.py	36
Gambar 4.5 Visual Deteksi Jarak 1,5 Meter Pada Raspberry Pi.....	37
Gambar 4.6 Visual Deteksi Jarak Pada Raspberry Pi (a) 2 Meter (b) 2,5 meter (c) 3 Meter	38
Gambar 4.7 Grafik Precision-Recall Curve	40
Gambar 4.8 Grafik Error Navigasi.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait	9
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno	14
Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Accuracy</i> , <i>Precision</i> , dan <i>Recall</i>	38
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Error</i> Navigasi	39

ABSTRAK

HAT, Aqza Tri Ananda. 2025. **Deteksi Bola Pada Robot Soccer Beroda Menggunakan Model YOLOv8**. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Shoffin Nahwa Utama, M.T (II) Dr. M. Imamudin, Lc, MA

Kata kunci: Deteksi Objek, Navigasi Robot, Robot Soccer Beroda, YOLOv8.

Dalam perkembangan teknologi zaman ini, robotika mendapatkan banyak peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi di berbagai sektor. Khususnya dalam bidang kompetisi teknologi dan inovasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sebuah robot *soccer* yang mampu melakukan deteksi objek bola beserta jaraknya menggunakan model YOLOv8. Model YOLOv8 dipilih karena kemampuannya melakukan deteksi objek dengan waktu yang cepat dan akurat secara *real-time*. Penelitian ini melibatkan perancangan perangkat keras dan sistem deteksi, serta pembuatan sistem navigasi robot untuk mengontrol gerakan robot menuju objek yang telah terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa YOLOv8 dengan rata-rata *accuracy* 100%, *precision* 100%, dan *recall* 94%. Dengan hasil tersebut sistem deteksi berhasil dalam mendeteksi objek bola dengan baik dan akurat. Selain itu, pengujian terhadap navigasi robot menuju objek terdeteksi menunjukkan rata-rata *error* 8,0466% yang masih dalam batas wajar untuk digunakan dalam sistem navigasi robot *soccer* beroda. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa model YOLOv8 bisa menjadi pilihan dalam mempermudah pendeteksian objek bola dan jarak bola pada robot *soccer* beroda dengan akurasi yang tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi para peneliti lain yang ingin melanjutkan penelitian ini dengan rekomendasi penggunaan hardware Raspberry Pi dengan spek yang lebih baik, kamera dengan resolusi tinggi, dan penambahan sensor untuk meningkatkan kemampuan deteksi, serta integrasi sistem deteksi dan navigasi yang lebih *advance* sehingga robot *soccer* dapat dengan mudah melewati rintangan seperti robot lawan dan gawang.

ABSTRACT

HAT, Aqza Tri Ananda. 2025. **Ball Detection in Wheeled Soccer Robot Using the YOLOv8 Model**. Undergraduate Thesis. Department of Informatics Engineering Faculty of Science and Technology Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Shoffin Nahwa Utama, M.T (II) Dr. M. Imamudin, Lc, MA

Keywords: Object Detection, Robot Navigation, Wheeled Soccer Robot, YOLOv8.

In the development of modern technology, robotics plays a significant role in improving efficiency and accuracy across various sectors, particularly in the field of technology competitions and innovation. The objective of this research is to design and build a wheeled soccer robot capable of detecting the ball object along with its distance using the YOLOv8 model. The YOLOv8 model was chosen due to its ability to perform *real-time* object detection quickly and accurately. This research involves the design of hardware and detection systems, as well as the development of a robot navigation system to control the robot's movement toward the detected object. *Testing* results show that YOLOv8 achieved an average accuracy of 100%, precision of 100%, and recall of 94%. With these results, the detection system successfully detected the ball object accurately and reliably. Additionally, navigation *testing* toward the detected object showed an average error of 8.0466%, which is still within an acceptable range for use in wheeled soccer robot navigation systems. Based on these results, it can be concluded that the YOLOv8 model is an excellent choice for simplifying ball detection and distance estimation in wheeled soccer robots with high accuracy. This research is expected to serve as a foundation for other researchers who wish to continue this work, with recommendations including the use of a higher-spec Raspberry Pi, a high-resolution camera, the addition of sensors to enhance detection capabilities, and the integration of more advanced detection and navigation systems so that the soccer robot can more easily avoid obstacles such as opponent robots and the goal.

الملخص

هات، أفرا تري أناندا. 2025. الكشف عن الكرة في روبات كرة القدم ذو العجلات باستخدام نموذج YOLOv8. البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: صافين نحو أوتاما، الماجستير؛ المشرف الثاني: د. محمد إمام الدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: كشف موضع، ملاحه روبات، روبات كرة القدم ذو عجلات، YOLOv8.

في تطور التكنولوجيا هذا العصر، حصلت الروبوتات على أدوار مهمة متعددة في تحسين الكفاءة والدقة في مختلف القطاعات، وخصوصاً في مجال المسابقات التكنولوجية والابتكار. الهدف من هذا البحث هو تصميم وبناء روبات كرة القدم قادر على اكتشاف موضع الكرة بالإضافة إلى مسافتها باستخدام نموذج YOLOv8. تم اختيار نموذج YOLOv8 بسبب قدرته على اكتشاف الأشياء بسرعة ودقة في الوقت الفعلي. يتضمن هذا البحث تصميم الأجهزة ونظام الكشف، وكذلك إنشاء نظام ملاحه الروبوت للتحكم في حركة الروبوت نحو الموضع الذي تم اكتشافه. أظهرت نتائج الاختبار أن YOLOv8 حقق متوسط دقة 100%، ودقة تحديد 100%، واسترجاع 94%. بنتيجة ذلك، نجح نظام الكشف في اكتشاف موضع الكرة بشكل جيد ودقيق. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت الاختبارات المتعلقة بتوجيه الروبوت نحو الموضع المكتشف متوسط خطأ بلغ 8,0466%، والذي ما يزال ضمن الحدود المقبولة للاستخدام في نظام ملاحه روبات كرة القدم ذي العجلات. بناءً على هذه النتائج، يمكن الاستنتاج أن نموذج YOLOv8 يمكن أن يكون خياراً لتسهيل كشف موضع الكرة والمسافة إلى الكرة في روبات كرة القدم ذي العجلات بدقة عالية. ومن المتوقع أن يشكل هذا البحث قاعدة للباحثين الآخرين الذين يرغبون في متابعة هذا البحث مع توصية باستخدام جهاز Raspberry Pi بمواصفات أفضل، وكاميرا عالية الدقة، وإضافة حساسات لتحسين قدرات الكشف، وكذلك دمج نظام الكشف والملاحه بشكل أكثر تطوراً، بحيث يصبح بمقدور روبات كرة القدم تجاوز العوائق بسهولة مثل الروبوتات المنافسة والمرمى.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama bertahun-tahun, robot telah membantu manusia dalam berbagai bidang karena mereka memiliki kapasitas yang lebih besar dan seringkali lebih siap untuk menyelesaikan tugas yang lebih kompleks, seperti yang ditunjukkan oleh tingkat *repeatability* yang lebih tinggi. Kemajuan dalam bidang baterai, sensor, *artificial intelligence* (AI), dan *machine learning* (ML) telah membuka pintu untuk area baru dan aplikasi baru (Kulshreshtha *et al.*, 2021). Salah satu aplikasi menarik dan penuh tantangan di bidang ini adalah pengembangan robot *soccer*, yang menggabungkan kecerdasan buatan (AI), mekanika, dan teknik kendali. Robot *soccer* menawarkan platform ideal untuk menguji algoritma baru, perangkat keras, dan strategi dalam kondisi yang kompleks dan tidak terduga.

Deteksi objek, khususnya deteksi bola yang merupakan komponen utama dalam robot *soccer*. Tanpa kemampuan untuk mendeteksi bola secara akurat dan cepat, robot tidak akan dapat berinteraksi secara efektif dengan lingkungannya, sehingga menghambat kemampuannya untuk berkompetisi dalam permainan. Dalam konteks ini, teknologi pengolahan citra dan pembelajaran mesin sangat penting untuk memberikan solusi yang efisien dan akurat. Pendeteksian objek dapat mempermudah proses mengidentifikasi jenis objek dari suatu gambar dengan cara yang modern, seperti menggunakan kamera laptop atau kamera web. Pada proyek akhir, *output* dari bolap pendeteksian akan digunakan sebagai data untuk mendeteksi bola pada robot *soccer* (Diono *et al.*, 2024).

Model YOLO (You Only Look Once) dikenal luas sebagai salah satu metode deteksi objek yang sangat efektif dan cepat. Versi terbaru dari model ini, YOLOv8, menawarkan peningkatan dalam kecepatan dan akurasi, menjadikannya kandidat ideal untuk aplikasi *real-time* seperti robot *soccer*. YOLOv8 menggunakan arsitektur yang lebih canggih dan algoritma optimasi yang memungkinkan deteksi objek dengan cepat dan akurat, bahkan dalam kondisi pencahayaan yang buruk atau latar belakang yang kompleks.

Penelitian ini berfokus pada penerapan model YOLOv8 untuk mendeteksi bola pada robot *soccer* beroda. Dengan memanfaatkan kemampuan deteksi *real-time* dari YOLOv8, diharapkan robot dapat memperoleh informasi visual yang diperlukan dengan cepat dan akurat untuk mengambil keputusan dalam permainan. Implementasi ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja robot dalam mendeteksi dan mengikuti bola, tetapi juga memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi robotika yang lebih cerdas dan responsif.

Penggunaan YOLOv8 dalam konteks robot *soccer* juga membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut dalam bidang visi komputer dan AI. Hal ini mencakup pengembangan algoritma lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan deteksi dalam berbagai kondisi lingkungan, serta integrasi dengan sistem kendali yang memungkinkan robot untuk merespons dengan tindakan yang lebih cerdas dan adaptif.

YOLOv8 merupakan salah satu model yang memiliki tingkat akurasi tinggi yang sejalan dengan konsep Islam, penggunaan YOLOv8 berarti sama seperti

melakukan sesuatu dengan tepat dan akurat sama halnya yang tercantum pada Al-Qur'an Surah *Al-Isra* ayat 36 yang mengajak untuk bekerja secara akurat, berbunyi:

وَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عِلْمٌ إِنَّ السَّمْعَ وَالْبَصَرَ وَالْفُؤَادَ كُلُّ أُولَٰئِكَ كَانَ عَنْهُ مَسْئُولًا

“Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan dan hati, semuanya itu akan diminta pertanggungjawabnya.” (QS. Al – Isra: 36)

Tafsir tentang ayat ini dari Kementerian Agama RI berbunyi “Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Jangan mengatakan sesuatu yang engkau tidak ketahui, jangan mengaku melihat apa yang tidak engkau lihat, jangan pula mengaku mendengar apa yang tidak engkau dengar, atau mengalami apa yang tidak engkau alami. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan dan hati, adalah amanah dari tuhanmu, semuanya itu akan diminta pertanggungjawabnya, apakah pemiliknya menggunakan untuk kebaikan atau keburukan dan janganlah engkau berjalan di muka bumi ini dengan sombong, untuk menampakkan kekuasaan dan kekuatanmu, karena sesungguhnya sekuat apa pun hentakan kakimu, kamu sekali-kali tidak dapat menembus bumi dan setinggi apa pun kepalamu, sekali-kali kamu tidak akan sampai setinggi gunung. Sesungguhnya kamu adalah makhluk yang lemah dan rendah di hadapan Allah, kamu tidak memiliki kekuatan dan kemuliaan, melainkan apa yang dianugerahkan oleh-Nya.” (Kementerian Agama RI, 2016)

Dalam tafsir surah *Al-Isra* ayat 36, diajarkan betapa pentingnya untuk berpegang pada pengetahuan yang benar dan akurat sebelum membuat keputusan atau menilai sesuatu. Ayat ini juga menekankan betapa pentingnya untuk tidak sombong dan merendahkan diri di hadapan Allah. Secara umum, ayat ini

menunjukkan bahwa manusia harus berpegang pada pengetahuan yang benar dan akurat sebelum melakukan sesuatu atau memberikan penilaian. Penelitian dapat membuat keputusan yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan dengan mengintegrasikan ayat ini dalam konteks penelitian dengan menggunakan model YOLOv8 yang akurat untuk mendeteksi objek bola.

Berdasarkan latar belakang ini, penelitian ini akan mengkaji bagaimana model YOLOv8 dapat diterapkan secara efektif untuk mendeteksi bola pada robot *soccer* beroda, mengidentifikasi tantangan yang mungkin dihadapi, dan mengevaluasi kinerja sistem melalui eksperimen dan pengujian yang komprehensif.

1.2 Identifikasi Masalah

Bagaimana sebuah robot *soccer* beroda dapat mendeteksi sebuah objek bola menggunakan model YOLOv8?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya melibatkan satu unit robot soccer beroda dengan satu objek bola kasti sebagai target deteksi utama, tanpa mempertimbangkan interaksi dengan objek lain seperti gawang atau robot lawan.
2. Penelitian dilakukan secara eksklusif di lingkungan indoor dengan kondisi pencahayaan terkendali, sehingga tidak mencakup variasi eksternal seperti cahaya alami outdoor atau gangguan cuaca.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *error navigation* menggunakan model YOLOv8 dalam mendeteksi bola pada robot soccer.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Membantu dalam meningkatkan kemampuan deteksi dan pelacakan bola dalam jangkauan robot *soccer* secara akurat, sehingga dapat mempercepat respons sistem dalam mengenali objek.
2. Hasil penelitian ini berpotensi membantu dalam merancang dan mengimplementasikan sistem navigasi yang lebih efektif, sehingga robot dapat bergerak dengan tepat menuju objek bola berdasarkan hasil deteksi, yang akan meningkatkan efisiensi dan performa robot dalam lingkungan permainan robot *soccer*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Tahapan ini berisi pengumpulan referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Referensi diambil dari jurnal, skripsi atau publikasi lainnya yang memiliki kemiripan dengan penelitian “Deteksi Bola Pada Robot *Soccer* Beroda Menggunakan Model YOLOv8.”

Pada tahun 2019 (Soebhakti *et al.*, 2019), melakukan sebuah penelitian tentang robot *soccer* yang dapat melakukan deteksi objek berupa bola, gawang, dan lingkaran tengah lapangan menggunakan kamera. Mereka memanfaatkan sebuah metode yang berdasar pada CNN(Aulia *et al.*, 2024) (Convolutional Neural Network) yaitu YOLOv3. YOLOv3 (You Only Look Once Version 3) digunakan peneliti untuk melakukan deteksi bola, gawang, dan lingkaran tengah lapangan dengan cepat dan tingkat akurasi yang tinggi. Spesifikasi software YOLOv3 yang digunakan adalah CMAKE versi 3.8 untuk CUDA moderen, CUDA 10.0, OpenCV versi 2.4, cuDNN versi 7.0 dan menggunakan sistem operasi Linux 16.04. Dengan spesifikasi hardware PC SHUTTLE X1 MINI, processor Octa Core Intel Core i7-7700HQ, RAM 16 GB dan 3GB NVIDIA GeForce GTX 1060 graphics card, mereka mendapatkan kecepatan deteksi 28,3 FPS, IOU 71,76%, recall 0,92, precision 0,92 dan mAP 87,07% dengan keseluruhan data mencapai 52.000 data. Penelitian ini juga membuktikan bahwa YOLOv3 dapat melakukan deteksi pada tiga kondisi lampu berbeda dengan jarak maksimal 3 meter untuk bola dan 8 meter untuk gawang.

YOLOv3 juga digunakan pada penelitian (Susanto *et al.*, 2020) pada tahun 2020, mereka mengimplementasikan XNOR-Net pada robot *soccer* humanoid. Penambahan XNOR-Net (Lee *et al.*, 2023) digunakan untuk klasifikasi gambar dengan menggunakan binary Convolutional Neural Network sehingga mempermudah dan meringankan proses pengoprasian YOLO, dengan perbandingan 58 kali lebih cepat dan 32 kali lebih sedikit penggunaan memori dari metode lainnya. Dengan XNOR-YOLO pada hardware webcam Logitech C92 1080p, miniPC Intel NUC6i5sYH core i5 dan GPU NVIDIA Jetson TX1, mereka mendapatkan hasil deteksi bola dan gawang 30 FPS pada setiap objeknya.

Penelitian lainnya yang memanfaatkan metode YOLOv3 pada robot *soccer* humanoid adalah (Nugraha *et al.*, 2021) pada tahun 2021. Pada penelitian ini mereka membangun sebuah robot *soccer* humanoid yang dapat mendeteksi bola, gawang, batas lapangan, dan pengguna robot lainnya, baik itu robot teman maupun robot lawan. Penelitian ini menguji tingkat akurasi deteksi YOLOv3 dalam berbagai situasi. Deteksi bola dengan visual penuh dan bola visual setengah, bola dengan gerakan lambat dan bola dengan gerakan cepat, jarak bola, dan waktu deteksi bola. Hasilnya penelitian ini membuktikan bahwa bola dengan visual penuh dan visual setengah dapat dideteksi dengan baik, lain halnya ketika bola bergerak, YOLOv3 masih mengalami kesulitan dalam mendeteksi objek yang bergerak, dibutuhkan robot untuk mendekati objek sehingga bisa mendeteksinya dengan baik. Jarak optimal deteksi bola didapatkan yaitu 50-900 cm dengan rata-rata waktu deteksi bola 0.033 detik. Hasil tes dari penelitian ini dibangun dan di-train dengan 3000 sampel gambar.

Pada tahun 2022, (Sanubari & Puriyanto, 2022) membuat sebuah penelitian yang memanfaatkan YOLO pada robot KRSBI-B untuk mendeteksi bola dan gawang menggunakan kamera Omnidirectional. Mereka menggunakan YOLOv3 dan YOLOv3-Tiny sebagai alat bantu mendeteksi bola dan gawang. Dari 8000 (7000 *training* dan 1000 validasi) *dataset* yang digunakan setiap frame 320X320 dan 416X416 menghasilkan akurasi masing-masing 81,8% (YOLOv3) dan 74,2% (YOLOv3-Tiny) dan 93,2% (YOLOv3) 81% (YOLOv3-Tiny) dimana hasil tersebut membuktikan bahwa mAP YOLOv3 pada setiap percobaan jauh lebih besar daripada YOLOv3-Tiny. Dengan itu kedua model tersebut dapat mendeteksi objek bola dan gawang dengan baik. Mereka juga mengharapkan adanya kolaborasi dan perpaduan deep learning lainnya pada pergerakan robot sehingga lebih mudah dalam mengorientasikan strategi pergerakan robot.

Peneliti (Jati *et al.*, 2024) dalam penelitiannya yang berjudul “*Enhancing Humanoid Robot Soccer Ball Tracking, Goal Alignment, and Robot Avoidance Using YOLO-NAS*” menggunakan metode YOLO-NAS (Neural Architecture Search) untuk melakukan pendeteksian bola, penyesuaian arah ke gawang, dan melakukan manuver menghindari dari robot lawan. Penelitian ini berhasil mendapatkan rata-rata kesuksesan mendeteksi bola 53,3% dari 60 sampel, penyesuaian arah ke gawang 91,7% dan manuver menghindari dari robot lain 100% rata-rata kesuksesan dengan 10 sampel. Mereka menyarankan untuk menggunakan lebih banyak data sehingga tidak ada limitasi pada proses penelitian.

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

No	Peneliti	Objek	Metode	Persamaan	Perbedaan
1	Soebhakti <i>et al.</i> , (2019)	Identifikasi Bola berwarna jingga, robot <i>soccer</i> lainnya, gawang, dan lingkaran di tengah lapangan.	<i>YOLOv3</i> .	Robot <i>soccer</i> beroda yang mendeteksi bola menggunakan model <i>YOLO</i>	Menggunakan metode yang lawas yaitu <i>YOLOv3</i> . Mendeteksi bola berwarna jingga, robot <i>soccer</i> lainnya, gawang, dan lingkaran di tengah lapangan.
2	Susanto <i>et al.</i> , (2020)	Identifikasi tingkat akurasi dan kecepatan deteksi Bola dan gawang.	<i>XNOR-Net</i> dan <i>YOLOv3</i> .	Robot <i>soccer</i> melakukan deteksi bola secara akurat dengan model <i>YOLO</i>	Menggunakan metode gabungan yaitu <i>YOLOv3</i> dengan bantuan <i>XNOR-Net</i> . Penelitian ini juga menggunakan robot <i>soccer</i> berbentuk <i>humanoid</i> . Mendeteksi gawang.
3	Nugraha <i>et al.</i> , (2021)	Identifikasi kecepatan deteksi dan jarak dari bola.	<i>YOLOv3</i> .	Robot <i>soccer</i> dapat mendeteksi bola dengan model <i>YOLO</i>	Menggunakan metode yang lawas yaitu <i>YOLOv3</i> . Penelitian ini juga menggunakan robot <i>soccer</i> berbentuk <i>humanoid</i> .
4	Sanubari <i>et al.</i> , (2022)	Deteksi akurasi bola dan gawang dengan dua jenis ukuran frame.	<i>YOLOv3</i> dan <i>YOLOv3-Tiny</i> .	Robot melakukan deteksi bola dengan model <i>YOLO</i>	Menggunakan metode yang lawas yaitu <i>YOLOv3</i> dan <i>YOLOv3-Tiny</i> . Melakukan deteksi dengan

					kamera <i>omnidirectional</i> . Mendeteksi gawang.
5	Jati <i>et al.</i> , (2024)	Melacak bola, penyesuaian kesejajaran/ jarak gawang, dan dari meneghindar robot.	<i>YOLO-NAS</i> , dengan <i>YOLOv7</i> dan <i>YOLOv8</i> sebagai pembanding.	Robot menggunakan <i>YOLOv8</i> untuk deteksi objek.	Menggunakan metode <i>YOLO-NAS</i> tetapi menggunakan <i>YOLOv8</i> sebagai perbandingan metode. Penelitian ini melakukan pendeteksian bola, pengarahan robot pada gawang dan melakukan manuver untuk menghindari dari lawan.

2.2 Robot Soccer

Robot *soccer* beroda satu generasi lebih maju dibandingkan kompetisi sederhana seperti *maze solving*. Dalam sepak bola, tidak hanya kita menghadapi lingkungan yang kurang terstruktur (lebih sedikit dinding), tetapi kita juga memiliki tim robot yang bermain melawan tim lawan, yang melibatkan target bergerak (bola dan pemain lain), membutuhkan perencanaan, taktik, dan strategi, semuanya dalam waktu nyata. Jadi, jelas, ini membuka dimensi baru dari kategori masalah. Robot *soccer* akan tetap menjadi tantangan besar selama bertahun-tahun yang akan datang. (Bräunl, 2022)

Robot *soccer* adalah robot mobile yang terbagi menjadi dua kategori utama, robot beroda dan robot humanoid. Keduanya sering berpartisipasi dalam berbagai kompetisi, baik secara individu maupun dalam tim. Seperti dalam sepak bola tradisional, tujuan utamanya adalah mencetak gol sebanyak mungkin ke dalam gawang lawan. Namun, perbedaannya adalah mereka menggunakan robot yang dapat dikendalikan secara manual dengan *remote control* atau secara otomatis menggunakan algoritma pemrograman dan kecerdasan buatan. (Bräunl, 2022)

2.1.1 Robot Soccer Beroda

Robot *soccer* beroda adalah robot *soccer* yang terdiri dari satu atau dua roda penggerak dan memiliki *caster wheel* opsional atau penggunaan roda kemudi pada depan maupun belakang robot. Robot *soccer* ini biasanya digunakan untuk perlombaan yang membutuhkan kecepatan dan akurasi tinggi karena penguasaan setir dan pengendali yang dipisahkan oleh kedua motor berbeda. Oleh karena itu, *software* kendalinya akan sangat simpel.

2.3 YOLO

YOLO (*You Only Look Once*) adalah sistem deteksi objek *real-time* yang dikembangkan oleh Joseph Redmon dan kolaboratornya. Sistem ini merevolusi bidang deteksi objek dengan merangkumnya sebagai masalah regresi tunggal, langsung dari piksel gambar ke koordinat kotak pembatas dan probabilitas kelas. Berbeda dengan metode tradisional yang menggunakan kembali pengklasifikasi untuk melakukan deteksi, YOLO menerapkan satu jaringan neural pada seluruh gambar. Pendekatan ini membuatnya sangat cepat, mampu memproses gambar dengan kecepatan hingga 45 frame per detik dalam versi tercepatnya. Efisiensi

YOLO berasal dari strateginya yang berbasis *grid*, di mana gambar dibagi menjadi *grid* $S \times S$ dan setiap sel *grid* memprediksi kotak pembatas dan skor kepercayaan, memastikan bahwa seluruh konteks gambar diperhitungkan. (Redmon *et al.*, n.d.)

Konsep di balik kesuksesan YOLO terletak pada arsitektur yang terpadu. Sistem deteksi objek tradisional sering melibatkan beberapa tahap, seperti proposal wilayah, ekstraksi fitur, dan klasifikasi, yang bisa menjadi intensif secara komputasi dan lebih lambat. Namun, YOLO menggabungkan langkah-langkah ini ke dalam satu jaringan neural konvolusional (CNN), menyederhanakan alur kerja dan secara drastis mengurangi waktu komputasi. Pendekatan pelatihan ujung-ke-ujung ini memungkinkan model untuk mempelajari representasi objek yang digeneralisasi, membuatnya sangat adaptif dan efisien untuk berbagai tugas deteksi. Selain itu, kemampuan YOLO untuk melihat seluruh gambar selama pelatihan dan inferensi memungkinkan model ini menangkap informasi kontekstual tentang objek dan sekitarnya, yang mengarah pada pengurangan kesalahan positif dan deteksi yang lebih akurat dalam skenario yang kompleks. (Redmon *et al.*, n.d.)

YOLOv8 (Мобильного *et al.*, 2023) adalah iterasi terbaru dari seri YOLO (You Only Look Once) yang terkenal karena kecepatan dan efisiensinya dalam deteksi objek. Versi ini memperkenalkan sejumlah peningkatan signifikan, termasuk arsitektur jaringan yang lebih canggih, teknik pelatihan yang lebih baik, dan optimasi performa yang lebih lanjut. Dengan arsitektur yang ditingkatkan, YOLOv8 mampu mendeteksi objek dengan lebih akurat dan cepat, berkat desain layer konvolusional yang lebih modern dan pengaturan yang lebih baik untuk menangani berbagai skala objek. Teknik pelatihan mutakhir, seperti augmentasi

data yang lebih luas dan peningkatan regularisasi, memungkinkan model untuk belajar lebih optimal dan meminimalkan *overfitting*.

2.3.1 YOLOv8

Keunggulan YOLOv8 mencakup kecepatan tinggi, yang menjadikannya ideal untuk aplikasi *real-time* seperti pengawasan video dan deteksi objek pada kendaraan otonom. Selain itu, akurasi deteksinya meningkat, memungkinkan model untuk menangkap objek kecil dan dalam kondisi pencahayaan yang sulit. Peningkatan dalam optimasi performa juga memastikan YOLOv8 dapat dijalankan pada perangkat keras dengan sumber daya terbatas tanpa mengorbankan kinerja. Dengan semua peningkatan ini, YOLOv8 menetapkan standar baru dalam deteksi objek, memungkinkan pengguna untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan efisiensi yang lebih tinggi.

2.4 Arduino Uno

Papan Arduino adalah mikrokontroler kecil, yang merupakan sirkuit kecil (papan-nya) yang berisikan keseluruhan komputer dalam chip kecil (mikrocontroller-nya). Papan Arduino Uno sendiri memiliki 28 buah kotak plastic hitam “*legs*” berbasis ATmega328P yang merupakan jantung dari papan itu sendiri.

Arduino Uno memiliki 14 pin I/O digital (pin 0-13). Pin-pin tersebut dapat digunakan baik dalam bentuk *input* atau *output*. *Input* digunakan untuk membaca informasi dari sensor, sedangkan *output* digunakan untuk mengontrol aktuator. 6 pin analog masuk (pin 0-5) untuk membaca ukuran voltase dari *input* sensor analog, 6 pin analog keluar (pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11), kristal kuarsa 16 MHz, koneksi USB, soket daya, header ICSP, dan tombol reset. Uno menyediakan semua yang

dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler; cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB atau beri daya dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai (rekomendasi daya 9 volt). Fleksibilitas dan kemudahan penggunaannya menjadikan Arduino Uno pilihan ideal bagi penelitian ini (Banzi & Shiloh, 2014).

Selengkapnya, pada tabel 2.2 berikut adalah spesifikasi ringkas dari Arduino Uno yang digunakan pada penelitian ini (Humaidillah, 2019):

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Uno

Spesifikasi	Arduino
Mikrokontroler	ATMEGA328b
Tegangan Operasi	5V
Tegangan <i>Input (recommended)</i>	7-12 V
Tegangan <i>Input (limit)</i>	6-20 V
Pin digital I/O	14
Pin Analog <i>input</i>	6
Pin PWM	6
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	150 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB, 0.5KB untuk bootloader
EEPROM	1 KB
SRAM	2 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz
LED_BUILTIN	13
Panjang	68,6 mm
Lebar	53,4 mm
Berat	25 gram

2.5 Raspberry Pi

Raspberry Pi, yang dikembangkan oleh Raspberry Pi *Foundation*, adalah komputer kecil dan terjangkau yang dirancang untuk mempromosikan pembelajaran ilmu komputer dan keterampilan pemrograman. Raspberry Pi memiliki komponen penting seperti prosesor, RAM, *port* USB, *output* HDMI, dan pin GPIO, yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan berbagai perangkat keras. Dengan menghubungkannya ke *monitor*, *keyboard*, dan *mouse*,

Raspberry Pi berubah menjadi komputer yang sepenuhnya berfungsi. Ukurannya yang kecil dan biaya yang rendah membuatnya dapat diakses oleh berbagai kalangan, mulai dari pelajar dan pendidik hingga penggemar dan profesional, menciptakan lingkungan dimana siapapun dapat belajar dan bereksperimen dengan teknologi.

Selain kemampuan komputasinya yang mendasar, Raspberry Pi juga cocok untuk proyek elektronik yang lebih kompleks. Pin GPIO memungkinkan pengguna untuk menghubungkan sensor, motor, dan komponen elektronik lainnya, menjadikannya alat serbaguna untuk menciptakan berbagai aplikasi, mulai dari proyek pendidikan sederhana hingga prototipe canggih. Fleksibilitas dan kemudahan penggunaan Raspberry Pi telah menjadikannya pilihan populer untuk pembelajaran dan pengembangan, menginspirasi komunitas global penggemar yang berbagi proyek dan pengetahuan mereka. Semangat kolaboratif ini semakin meningkatkan kegunaan dan dampak platform ini dalam bidang pendidikan ilmu komputer. (Upton & Halfacree, 2016)

2.5.1 Raspberry Pi 3

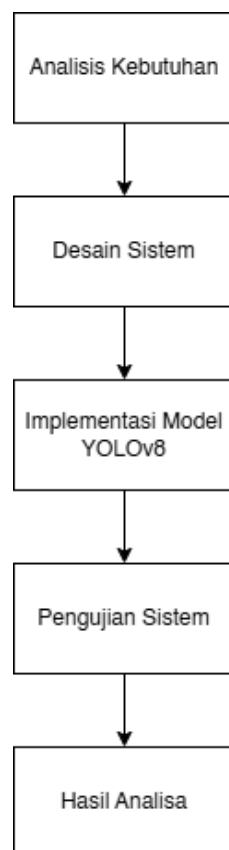
Raspberry Pi 3, model terbaru dalam seri Raspberry Pi, dilengkapi dengan prosesor Broadcom BCM2837 baru yang mendukung operasi 64-bit, menawarkan peningkatan kecepatan yang signifikan dibandingkan pendahulunya, BCM2836 pada Pi 2, dan peningkatan besar dari BCM2835 pada model sebelumnya. Ini adalah model pertama yang menyertakan kemampuan nirkabel bawaan, mendukung koneksi Wifi 2.4GHz dan Bluetooth. Meskipun mengalami peningkatan, tata letaknya sebagian besar tidak berubah, dengan header GPIO 40-pin, empat *port*

USB, *port* jaringan berkabel 10/100, dan *port* lain yang sudah dikenal. Namun, ada sedikit perubahan dalam komunikasi papan dengan beberapa perangkat tambahan, jadi disarankan untuk memeriksa kompatibilitas dengan produsen. Prosesor 64-bit, dimanfaatkan oleh perangkat lunak yang tersedia, menjanjikan kompatibilitas perangkat lunak, keamanan, dan kinerja yang lebih baik di masa depan. (Upton & Halfacree, 2016)

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan secara rinci desain dan implementasi sistem, meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi model YOLOv8, pengujian sistem dan hasil analisa. Tujuan dari penyajian ini adalah untuk memudahkan pemahaman mengenai cara kerja dan alur sistem yang akan dikembangkan. Fokus utama penelitian ini adalah pengembangan sistem deteksi bola untuk robot soccer menggunakan model YOLOv8. Prosedur atau alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan bagian awal proses menentukan dan mengumpulkan apa saja bahan *Hardware* dan *Software* yang dibutuhkan pada penelitian ini dalam membangun sebuah sistem.

3.1.1 Kebutuhan *Hardware*

1. Arduino Uno R3
2. Robot *Soccer*
3. Kamera
4. Laptop
5. Raspberry Pi 3

3.1.2 Kebutuhan *Software*

1. Arduino IDE
2. Microsoft Windows 10 64-bit
3. Raspberry Pi OS 64-bit
4. Library YOLOv8
5. Thonny 4.0.2

3.2 Desain Sistem

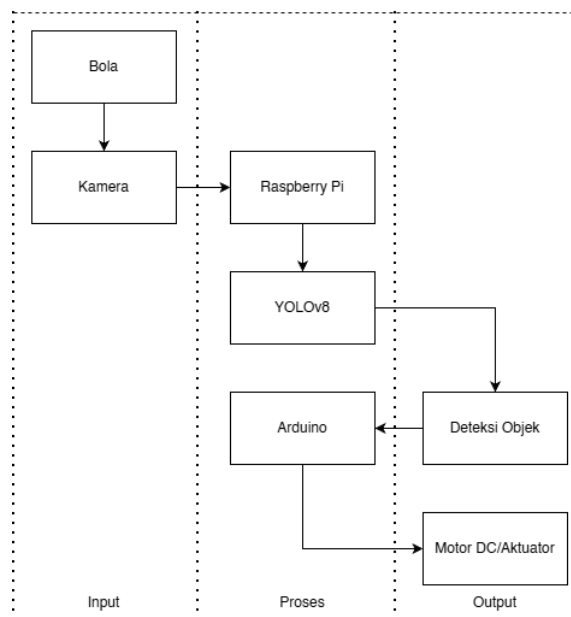
Desain atau rancangan penelitian dibutuhkan dalam membuat sebuah penelitian untuk mengatur dan membuat penelitian tersebut lebih teratur. Penelitian ini menerapkan pembangunan sistem menggunakan model YOLOv8 dalam mendeteksi bola pada robot *soccer*. Apabila robot mendeteksi objek dalam bentuk bola maka robot akan bergerak maju sesuai jarak yang telah ditentukan.

3.2.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini ada dua jenis data yang diambil. Data pertama adalah *dataset* foto dari objek bola yang akan digunakan sebagai *training* dan tes data pada model YOLOv8. Kedua, data *realtime* yang akan ditangkap langsung oleh kamera sehingga dapat menunjukkan hasil deteksi akurasi pada objek bola yang dideteksi.

3.2.2 Diagram Blok

Diagram blok memuat perencanaan atau inti dari perancangan sistem, sekaligus menjelaskan proses kerja sistem secara keseluruhan.

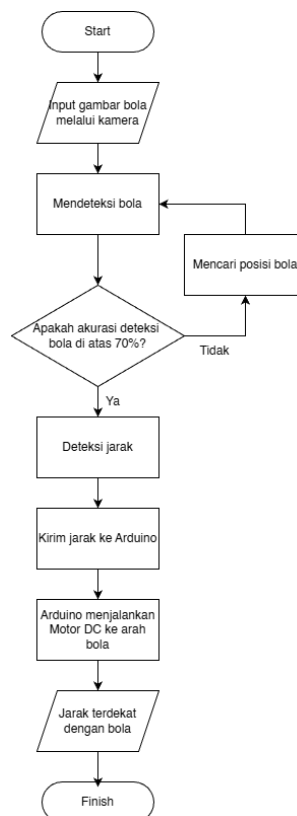


Gambar 3.2 Diagram blok desain sistem

Dari gambar 3.2, peneliti menggunakan sebuah sistem *input* yaitu kamera. Kemudian, data diolah dan diproses menggunakan raspberry pi dan YOLOv8. Data deteksi objek yang sudah diolah sebelumnya, kemudian akan dikirimkan ke Arduino untuk memproses *output* pada motor dc/aktuator untuk menjalankan robot *soccer*.

3.2.3 Flowchart

Pada bagian desain sistem peneliti menggunakan *flowchart* dalam menjelaskan sebuah diagram yang menggambarkan urutan proses pada suatu program.



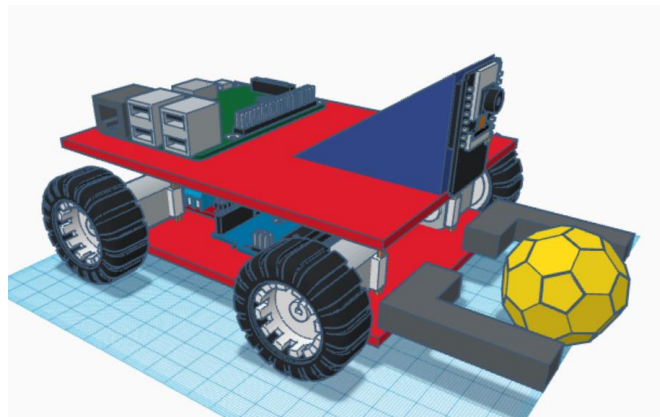
Gambar 3.3 *Flowchart* Desain sistem

Flowchart pada gambar 3.3 menunjukkan bahwa *input* berupa gambar bola dari kamera akan mengirimkan data objek bola secara *real-time* ke YOLOv8. Selanjutnya, sistem akan mendeteksi objek dan memeriksa apakah tingkat akurasinya melebihi 70%. YOLOv8 kemudian mendeteksi jarak dari robot ke objek yang dituju. Jika data yang dideteksi dengan akurasi lebih atau sama dengan 70% maka raspberry pi akan mengirimkan suatu data *command* kepada Arduino, berupa data jarak yang terdeteksi untuk mengaktifkan motor dc/aktuator sehingga

robot *soccer* dapat bergerak ke arah objek bola yang telah terdeteksi. Jika bola tidak mendeteksi bola dengan akurasi di atas 70% maka robot akan kembali mencari bola. (Prayoga *et al.*, 2024)

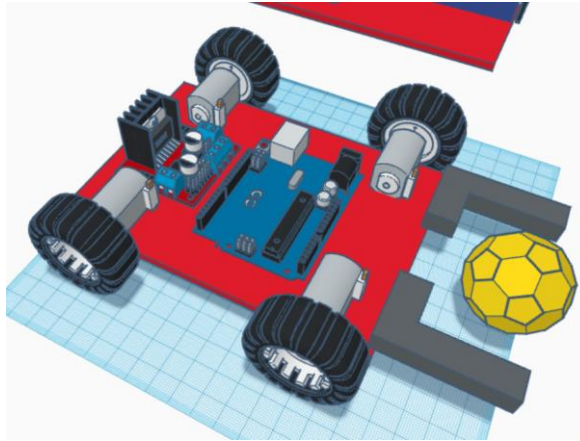
3.2.4 Desain Robot

Dalam penelitian ini robot digunakan peneliti adalah robot berjenis *soccer* beroda. Desain rangkaian robot menggunakan 3D *Design* aplikasi Tinkercad.com yang terdapat pada gambar 3.4 menggambarkan komponen-komponen yang akan digunakan pada penelitian ini.



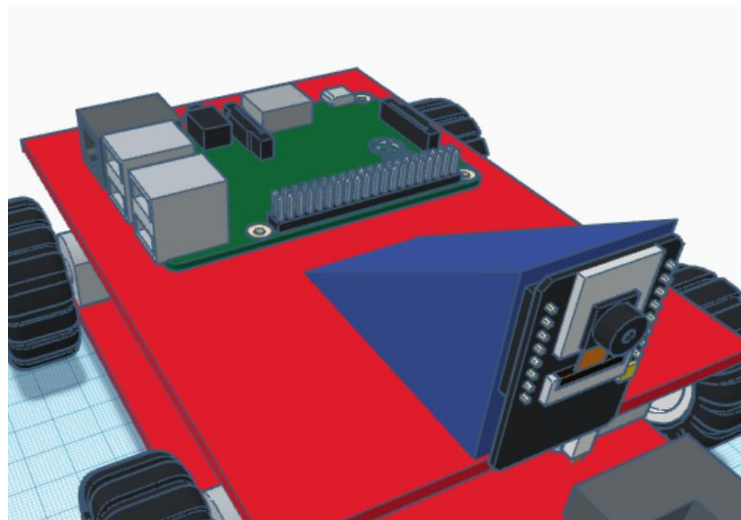
Gambar 3.4 Desain Robot *Soccer* 3D Tinkercad

Robot di atas terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu pada bagian bawah sebagai robot *soccer* yang digerakkan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, 4 buah motor DC, dan Driver Motor L298N seperti pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Desain Robot *Soccer* Bagian Bawah 3D Tinkercad

Pada bagian atas terdapat dua komponen utama yaitu Raspberry Pi dan kamera yang akan digunakan sebagai sistem dalam mendeteksi bola menggunakan YOLOv8, pada gambar 3.6 sebagai berikut.

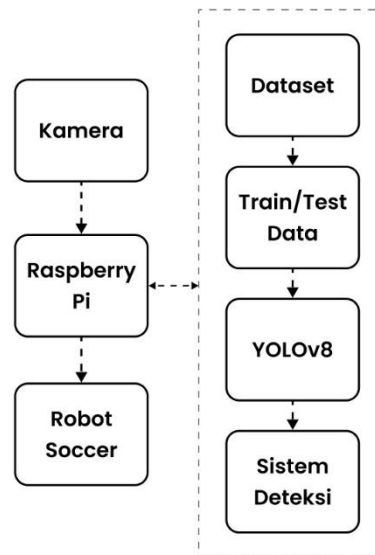


Gambar 3.6 Desain Robot *Soccer* Bagian Atas 3D Tinkercad

Dari kedua bagian utama robot di atas nantinya akan dihubungkan menggunakan *Serial Port Communication* dengan kabel USB.

3.3 Implementasi Model YOLOv8

Kerangka desain kerja sistem deteksi bola pada robot *soccer* yang akan menggunakan model YOLOv8 yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.7 Desain Sistem Deteksi YOLOv8

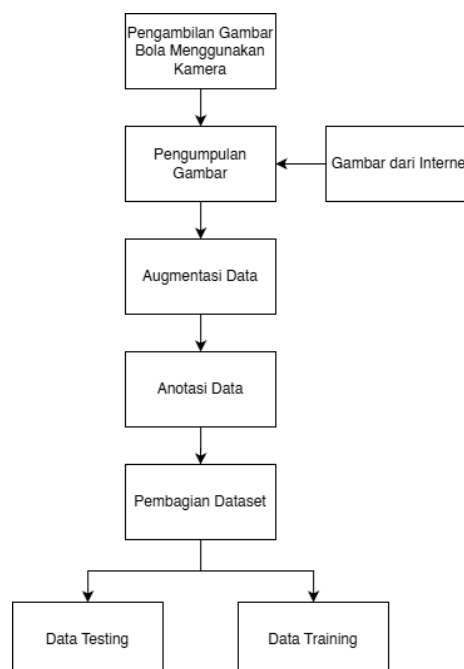
Terdapat tiga bagian utama yang ditunjukkan pada gambar 3.7, ketiga bagian tersebut digunakan pada sistem deteksi ini, diantaranya adalah kamera, Raspberry Pi, dan robot *soccer*. Ketiga bagian tersebut dihubungkan menggunakan kabel USB dan *serial port communication* untuk menghubungkan antara sistem Raspberry Pi yang memiliki Bahasa pemrograman Python dengan Robot *Soccer* yang memiliki Bahasa pemrograman C++.

Pada penelitian ini kamera yang digunakan adalah kamera yang berukuran kecil sehingga mempermudah pemasangan dan pergerakan dari robot. Kamera sendiri digunakan sebagai *input* untuk mendapatkan data *real-time* yang akan dikirimkan pada sistem YOLO untuk diproses.

Sebelum robot *soccer* dapat mendeteksi bola, YOLO harus melewati beberapa langkah untuk dapat disiapkan melakukan tugas tersebut. Pertama-tama, data-data atau *dataset* dikumpulkan yang dalam penelitian ini objek datanya adalah bola kecil atau bola kasti/tenis berwarna kuning. Setelah itu data yang telah dikumpulkan diberikan label “bola” yang kemudian akan diubah menjadi sebuah data train dan data *test*. Dari data train dan data *test* ini lah kita selanjutnya dapat melakukan deteksi terhadap bola menggunakan YOLOv8.

3.3.1 Rancangan Data

Dalam proses klasifikasi dan deteksi objek berbasis citra digital, diperlukan sejumlah besar data untuk pelatihan agar menghasilkan bobot yang optimal dan akurasi yang tinggi. Selain itu, diperlukan juga sejumlah data lain untuk pengujian akurasi model. Perancangan data untuk penelitian ini disajikan pada Gambar 3.8.

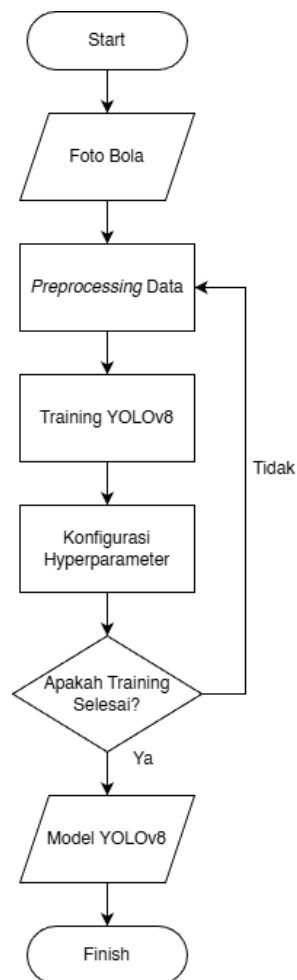


Gambar 3.8 Diagram Blok Rancangan Data

Diagram tersebut menjelaskan langkah-langkah pengolahan data yang berawal dari pengumpulan gambar dengan mengambil gambar menggunakan kamera telepon genggam atau menggunakan kamera pada robot. Selain mengumpulkan gambar dari kamera, peneliti juga mengumpulkan gambar dari internet. Gambar yang dikumpulkan adalah gambar bola yang ingin digunakan (warna sesuai ketentuan) yang selanjutnya akan dilakukan augmentasi data. Dalam proses anotasi data, setiap gambar atau citra diberi keterangan yang meliputi tingkat *confidence* dan *bounding box*. Data yang sudah dianotasi ini sangat penting untuk pelatihan dan pengujian model. Selanjutnya, *dataset* dibagi menjadi dua bagian utama: *training set* dan *test set*. Pembagian ini bertujuan untuk mencegah *overfitting* (kondisi ketika model berkinerja baik pada data pelatihan tetapi buruk pada data baru yang belum pernah dilihat) dan untuk mengevaluasi kinerja model secara keseluruhan. *Training set* merupakan bagian terbesar dari *dataset* yang digunakan untuk melatih model. Setelah proses pelatihan selesai, *test set* digunakan untuk menguji dan mengevaluasi kinerja model. Pembagian umum yang digunakan adalah 80% untuk *training set* dan 20% untuk *test set*.

3.3.2 Rancangan Sistem Training

Pada perancangan sistem *training* (Gambar 3.9), langkah awal melibatkan konfigurasi data *training*, termasuk *dataset* dan informasi kelas objek (*Preprocessing Data*). Untuk pelatihan menggunakan *custom dataset*, diperlukan model YOLOv8 yang dapat diakses melalui situs web Ultralytics.

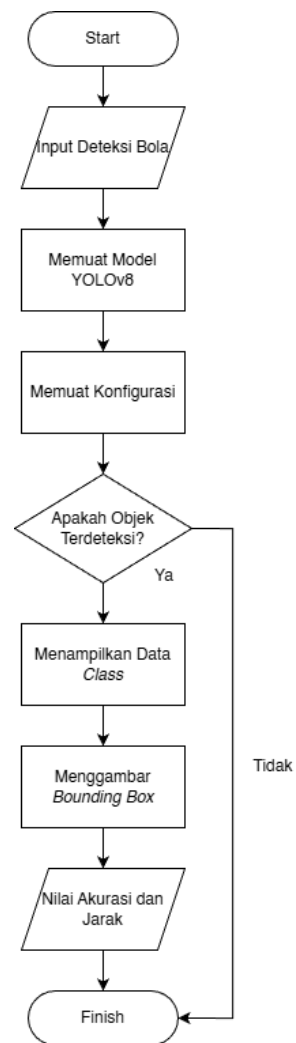


Gambar 3.9 *Flowchart Sistem Training*

Tahap selanjutnya adalah konfigurasi *Hyperparameter* YOLOv8 dengan menyesuaikan nilai *Epochs*, *Batch*, dan *Optimizer*. Setelah proses *training* selesai dan berhasil, akan dihasilkan berkas *weights* dengan ekstensi “.pt”. (Prayoga *et al.*, 2024)

3.3.3 Rancangan Deteksi Objek

Rancangan deteksi objek, seperti yang terlihat pada Gambar 3.10, merupakan inti dalam proses penilaian akurasi yang dicapai dalam penelitian ini karena menggambarkan secara jelas proses deteksi objek.



Gambar 3.10 Flowchart Deteksi Objek

Deteksi objek dilakukan dengan menggunakan *input* berupa data *test* dan data dari kamera secara *real-time*. Proses ini mengintegrasikan model YOLOv8, yang merupakan hasil pelatihan algoritma YOLOv8, beserta *file* konfigurasi *dataset* yang berisi informasi kelas dan *path dataset*. Algoritma deteksi objek YOLOv8 kemudian membandingkan gambar dari data uji dan data pelatihan. Selanjutnya, program akan memeriksa keberadaan objek bola dan non-bola. Jika objek tidak terdeteksi, program akan berhenti. Namun, jika terdeteksi, proses akan dilanjutkan.

Ketika objek bola terdeteksi, informasi yang ditampilkan meliputi label kelas objek, kotak pembatas (*bounding box*), nilai keakuratan, dan nilai jarak.

3.4 Rencana Pengujian

Pengujian sistem deteksi bola untuk robot soccer ini menggunakan model YOLOv8. Tujuannya adalah untuk memverifikasi fungsionalitas sistem. Secara spesifik, pengujian akan mengevaluasi akurasi model YOLOv8 dalam mendeteksi bola serta kemampuan robot untuk bergerak mendekati bola berdasarkan jarak yang telah ditentukan. Fokus utama dari pengujian ini adalah mengukur kemampuan deteksi bola oleh YOLOv8 serta performa navigasi robot setelah deteksi dilakukan.

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan bola di posisi dan jarak yang bervariasi dari robot, kemudian menggunakan YOLOv8 untuk mendeteksi bola. Setelah bola terdeteksi, robot akan diarahkan untuk bergerak menuju bola, dan keakuratan jarak tempuh robot akan diukur.

3.4.1 Skema Pengujian

Pada skema pengujian terdapat dua bagian yaitu lingkungan pengujian dan variabel yang dihitung, dijelaskan sebagai berikut.

1. Lingkungan Pengujian

Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan pencahayaan yang telah disesuaikan. Bola ditempatkan di berbagai posisi acak di lapangan dengan jarak yang bervariasi dari robot. Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- **Deteksi Bola:** YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi bola yang ditempatkan pada jarak tertentu (misalnya 1 meter, 2 meter, hingga 3 meter) dari robot.

Setiap deteksi dicatat baik itu benar ada objek yang dideteksi atau tidak ada objek sama sekali.

- Navigasi Robot Menuju Bola: Setelah deteksi berhasil, robot bergerak menuju bola. Pengukuran dilakukan untuk melihat seberapa akurat jarak yang dicapai robot dibandingkan dengan jarak yang ditentukan.

2. Variabel yang Diukur

Dalam pengujian ini ada beberapa variabel yang diukur untuk mendapatkan hasil yang terbaik yaitu sebagai berikut.

- *True Positive* (TP): Jumlah deteksi bola yang benar (bola ada dan terdeteksi).
- *False Positive* (FP): Jumlah deteksi salah (bola terdeteksi, tetapi tidak ada).
- *False Negative* (FN): Jumlah kegagalan deteksi (bola ada, tetapi tidak terdeteksi).
- *True Negative* (TN) Jumlah tidak deteksi bola dan benar (bola tidak ada dan tidak terdeteksi)
- *Accuracy*: Mengukur tingkat kedekatan antara nilai prediksi dengan nilai aktual dari bola.
- *Precision*: Mengukur akurasi deteksi YOLOv8 dengan menghitung proporsi deteksi yang benar dari semua deteksi yang dilakukan.
- *Recall*: Mengukur kemampuan YOLOv8 mendeteksi bola dari semua bola yang ada di lapangan.
- *Navigation Error*: Mengukur perbedaan antara jarak yang dicapai robot dengan jarak yang ditargetkan.

3.4.2 Analisis dan Pengukuran Data

Dalam analisa dan pengukuran data terdapat beberapa rumus yang dibutuhkan untuk memberikan hasil yang diinginkan. Rumus tersebut adalah *Accuracy*, *precision*, *recall*, dan, *error navigation*, yang diuraikan sebagai berikut.

1. *Accuracy* (D. Manning, 2009), mengindikasikan tingkat kedekatan antara nilai prediksi dengan nilai aktual terhadap objek deteksi, dengan rumus:

$$Accuracy = \frac{True\ Positive\ (TP) + True\ Negative\ (TN)}{True\ Positive\ (TP) + True\ Negative\ (TN) + False\ Positive\ (FP) + False\ Negative\ (FN)} \times 100\% \quad (3.1)$$

2. *Precision* (D. Manning, 2009) mengindikasikan seberapa banyak deteksi objek bola yang benar dari semua deteksi yang dilakukan, dihitung dengan rumus:

$$Precision = \frac{True\ Positive\ (TP)}{True\ Positive\ (TP) + False\ Positive\ (FP)} \times 100\% \quad (3.2)$$

3. *Recall* (D. Manning, 2009), mengukur seberapa banyak objek bola yang sebenarnya ada di lapangan dan berhasil terdeteksi oleh YOLOv8, dihitung dengan rumus:

$$Recall = \frac{True\ Positive\ (TP)}{True\ Positive\ (TP) + False\ Negative\ (FN)} \times 100\% \quad (3.3)$$

4. *Navigarion Error*, menghitung tingkat kesalahan jarak tempuh robot dalam mencapai bola setelah bola terdeteksi oleh YOLOv8, dihitung dengan rumus MAPE(*Mean Absolute Percentage Error*) dimana Y_i adalah nilai asli dari jarak ke bola dan X_i adalah nilai terdeteksi jarak ke bola menggunakan YOLOv8 lalu

dikalikan 100 untuk menghasilkan nilai persen (Kurniawan & Harumwidiah, 2021).

$$MAPE (\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - X_i}{Y_i} \right| \times 100\% \quad (3.4)$$

3.4.3 Visualisasi Hasil Pengujian

Pengukuran *precision* dan *recall* dapat divisualisasikan menggunakan grafik *Precision-Recall Curve*. Grafik ini menggambarkan hubungan antara *precision* dan *recall* pada berbagai kondisi jarak. *Precision* diwakili pada sumbu Y, dan *recall* pada sumbu X, untuk menunjukkan bagaimana perubahan *recall* mempengaruhi *precision*.

Selain itu, grafik *Navigation Error* menunjukkan tingkat *error* robot dalam mencapai bola pada berbagai jarak. Grafik ini memperlihatkan *error* navigasi pada sumbu Y, dengan nilai asli jarak objek bola dari robot diwakili pada sumbu X. Grafik ini memberikan gambaran apakah semakin jauh bola dari robot, *error* navigasi meningkat atau tetap stabil.

Dengan skema pengujian dan analisis data ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang jelas tentang performa YOLOv8 dalam mendeteksi bola serta kemampuan robot untuk bergerak menuju bola sesuai dengan jarak yang ditentukan. Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan sistem deteksi dan navigasi robot serta memberikan rekomendasi perbaikan jika diperlukan.

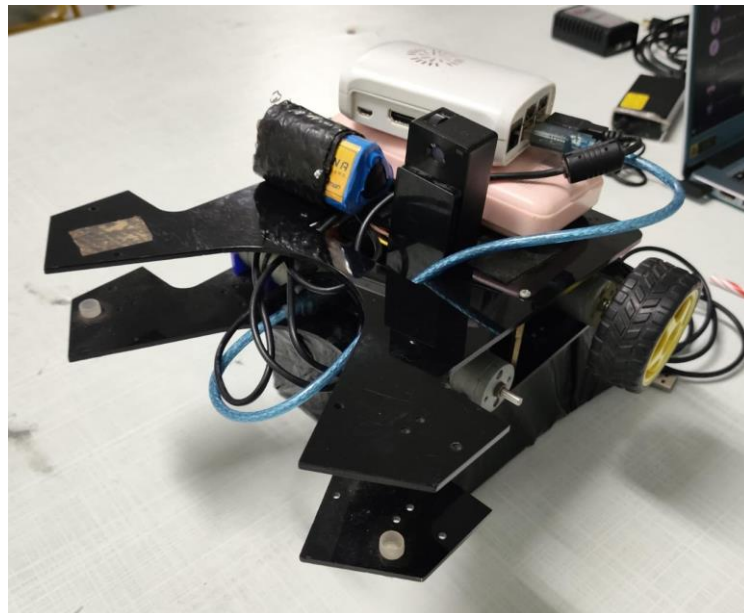
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pengujian terhadap skema yang telah dirancang pada Bab 3. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat keberhasilan robot dalam menganalisis data, yang meliputi pengukuran *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *navigation error*. Hasil pengujian akan menunjukkan apakah rancangan robot telah memenuhi spesifikasi dan tujuan yang diharapkan.

4.1 Implementasi Hardware

Berdasarkan Realisasi desain akhir robot soccer, yang didasarkan pada perancangan pada Bab 3, peneliti menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berfungsi sebagai pusat kendali utama yang mengatur seluruh operasional gerakan robot, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Design Akhir dari Robot Soccer

Penggerakan robot didukung oleh empat buah motor DC yang dikendalikan melalui modul Driver Motor L298N, untuk memungkinkan pengaturan kecepatan dan arah secara presisi. Untuk kebutuhan pengolahan citra, sebuah Webcam diintegrasikan dan dihubungkan dengan Raspberry Pi 3 sebagai unit komputasi utama untuk memproses data visual secara *real-time*. Sumber daya listrik disuplai oleh baterai 3 sel dengan tegangan 12V untuk kebutuhan motor dan Arduino, serta powerbank sebagai catu daya untuk Raspberry Pi untuk menjamin stabilitas operasional sistem. Secara fisik, robot dirancang dengan dimensi panjang 25 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 15 cm, yang memenuhi standar desain untuk memastikan mobilitas tinggi dan stabilitas struktural selama beroperasi di lapangan permainan. Konfigurasi ini telah diuji untuk memastikan keselarasan antara komponen hardware dengan kebutuhan fungsional robot *soccer*.

4.2 Hasil Implementasi

4.2.1 Implementasi YOLOv8

Proses implementasi model YOLOv8 dilakukan dalam beberapa tahap, mulai dari pengumpulan *dataset*, pelabelan, pelatihan model, hingga pengujian *real-time* menggunakan kamera pada robot *soccer*. Model YOLOv8 dilatih menggunakan *dataset* bola yang dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk gambar yang diambil secara langsung dan gambar dari internet. Model dilatih dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Jumlah *epoch*: 30
- *Batch size*: 16
- *Optimizer*: AdamW
- Resolusi *input*: 640x640 piksel

- Total Gambar: 691
- *Dataset Training*: 552
- *Dataset Valid*: 249

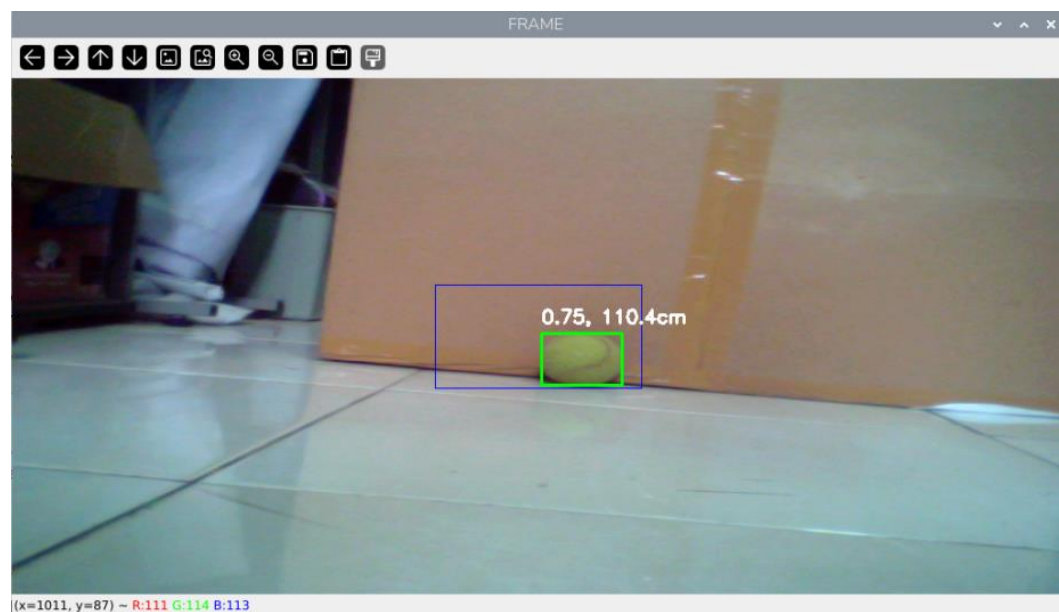
Setelah pelatihan, model diimplementasikan ke dalam program Python yang berisi perintah untuk melakukan deteksi objek menggunakan kamera. Beberapa kondisi ditambahkan dalam program, yaitu menentukan apakah bola terdeteksi berada di dalam area deteksi yang terletak di tengah frame kamera berwarna biru dan apakah bola tersebut berada pada jarak tertentu (1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m, atau 3 m). Jika kedua kondisi tersebut terpenuhi, program Python akan mengirimkan *command* ke Arduino melalui *serial port communication*. Setelah semua proses selesai, program akan berhenti dan tidak mengirimkan perintah lebih lanjut.

4.2.2 Pengujian Deteksi Bola

Pengujian deteksi bola dilakukan dengan berbagai jarak dan sudut kamera untuk mengetahui tingkat akurasi deteksi YOLOv8. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi bola dengan akurasi tinggi pada jarak 1 hingga 3 meter dengan tingkat deteksi lebih dari 94%. Pengurangan deteksi sebanyak 6% dikarenakan adanya *delay* pada Raspberry Pi yang memiliki spesifikasi yang kurang memadai seperti kurangnya RAM dan penyimpanan memori. Untuk mengatasi keterlambatan tersebut, peneliti melakukan pencegahan dengan menambahkan *delay* senilai 10000 (10 detik) pada robot setiap melakukan belokan ke arah kanan yaitu selama 200 ms.

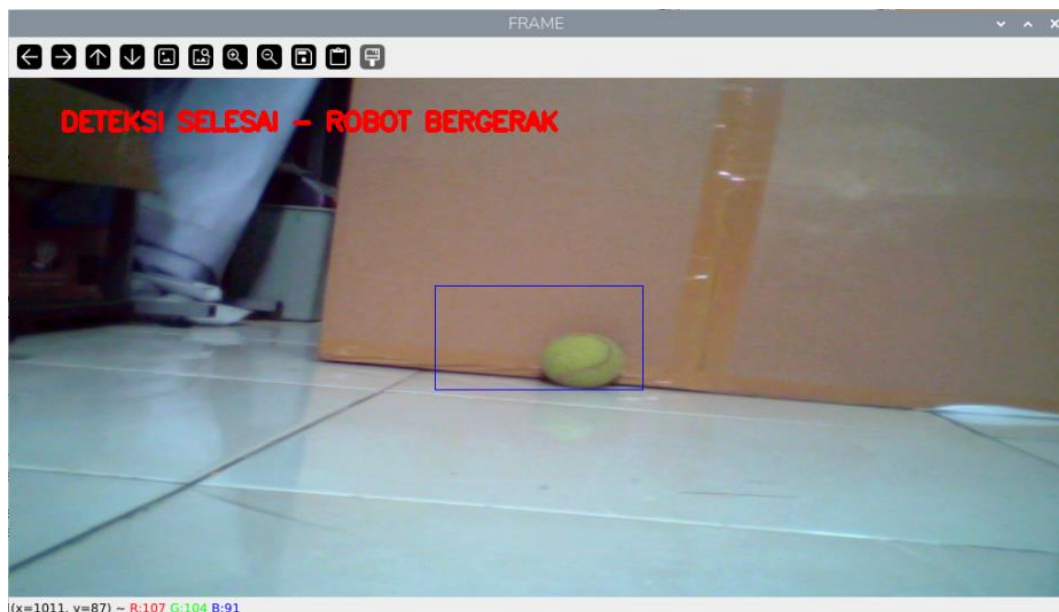
1. Hasil Pengujian Deteksi:

Tingkat akurasi deteksi bola 0.75 dan jarak bola 110.4 cm atau 1 meter yang diperlihatkan pada gambar 4.2 menunjukkan robot *soccer* berhasil mendeteksi objek bola di dalam kotak deteksi yang memiliki warna biru. Hasil deteksi tersebut kemudian akan dikirimkan kepada Arduino dengan menggunakan *serial port communication*.



Gambar 4.2 Frame kamera mendeteksi bola pada jarak 1 Meter

Visualisasi pada gambar 4.3 memperlihatkan robot *soccer* berhasil melakukan deteksi dan memperlihatkan berhentinya proses deteksi dan robot pun bergerak ke arah bola seperti pada *output* pada layar kamera tertulis “DETEKSI SELESAI – ROBOT BERGERAK” robot pun bergerak sesuai dengan *command* yang didapatkan pada saat deteksi objek.



Gambar 4.3 Deteksi kamera selesai dan robot bergerak

Proses deteksi yang ditangkap oleh kamera pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 juga ditunjukkan pada *output* aplikasi Thonny seperti gambar 4.4 yang menunjukkan Python dan Arduino dijalankan. Python mengirimkan *command* bernilai “1” karena telah mendeteksi jarak bola sejauh 1 meter. Selanjutnya Arduino menerima perintah dari Python yaitu “1” yang kemudian menggerakkan robot ke depan sejauh 1 meter menuju bola yang dideteksi. Semua proses selesai, robot dan Python berhenti untuk bergerak dan melakukan deteksi.

```

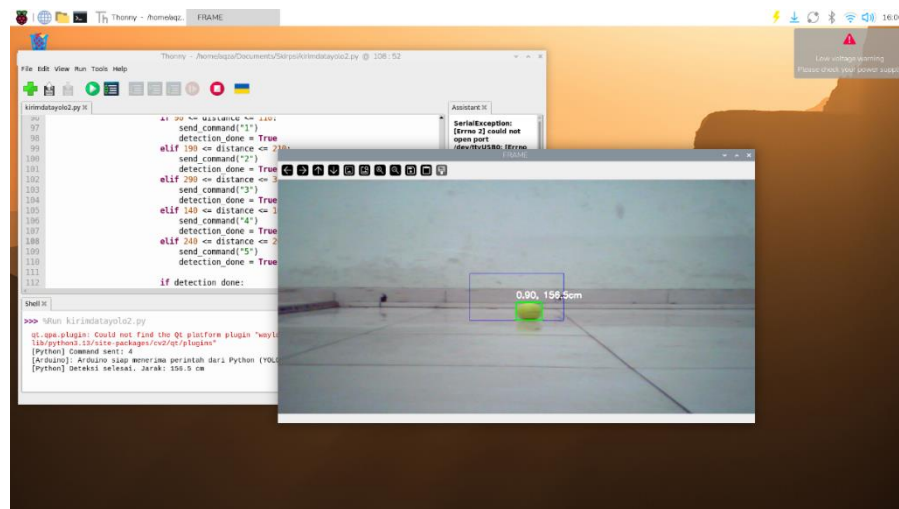
Shell %
>>> %Run kirimdatayolo2.py
qt.qpa.plugin: Could not find the Qt platform plugin "wayland" in "/home/aqza/ultralytics_env/
lib/python3.13/site-packages/cv2/qt/plugins"
[Python] Command sent: 1
[Arduino]: Arduino siap menerima perintah dari Python (YOLO).
[Python] Deteksi selesai. Jarak: 107.6 cm

```

Gambar 4.4 *Output* dari kirimdatayolo2.py

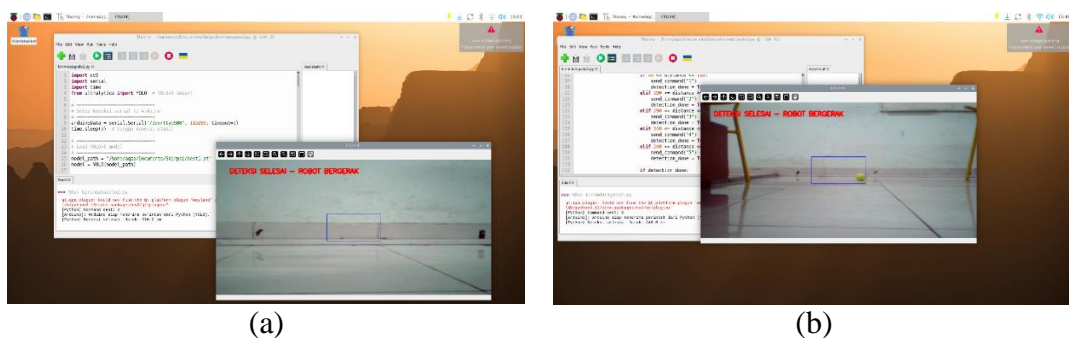
Visual Raspberry Pi yang ditunjukkan pada gambar 4.5 menunjukkan hasil deteksi robot dengan jarak 1,5 meter atau yang ditunjukkan pada Frame deteksi

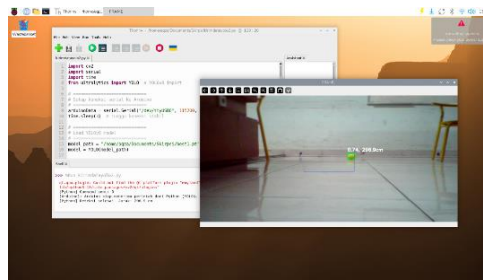
tepatnya 156,5 cm dengan tingkat akurasi deteksi bola 0.90. *Output* aplikasi Thonny menunjukkan bahwa bola terdeteksi pada *command* bernilai “4” yang akan dikirimkan ke Arduino untuk menjalankan tugasnya yaitu jalan menuju bola dimana *command* “4” menunjukkan jarak 1,5 meter.



Gambar 4.5 Visual Deteksi Jarak 1,5 Meter Pada Raspberry Pi

Hal yang sama akan ditunjukkan pada setiap jarak deteksi mulai dari jarak 1 meter hingga jarak 3 meter seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.6 dengan Jarak 2 meter, jarak 2,5 meter, dan jarak 3 meter.





(c)

Gambar 4.6 Visual Deteksi Jarak Pada Raspberry Pi (a) 2 Meter (b) 2,5 meter (c) 3 Meter

2. *Accuracy, Precision, dan Recall*

Pengujian dilakukan masing-masing 10 kali percobaan pada setiap jarak, dengan hasil rata-rata *accuracy* 100% (model yang digunakan robot dapat mendeteksi objek bola dengan benar tanpa mendeteksi objek lainnya), *precision* 100% (robot dapat mendeteksi objek dengan benar bahwa objek tersebut adalah bola), dan *recall* 94% (robot beberapa kali kelewatan dan tidak mendeteksi tetapi masih tergolong kecil) untuk lebih detail dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Accuracy, Precision, dan Recall*

Jarak (meter)	<i>Accuracy</i> (%)	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)
1	100	100	100
1.5	100	100	100
2	100	100	100
2.5	100	100	90
3	100	100	80
Rata-rata	100	100	94

4.2.3 Pengujian Navigasi Robot

Setelah bola terdeteksi, robot *soccer* diuji untuk menavigasi menuju bola secara otomatis. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi *error* navigasi berdasarkan jarak awal robot ke bola. Jarak yang telah ditentukan adalah 1 meter,

1,5 meter, 2 meter, 2,5 meter, dan 3 meter. Kecepatan robot diatur menggunakan PWM dimana pada setiap meternya dikalibrasikan sesuai dengan jarak yang tempuh. Pengaturan ini bertujuan untuk menyeimbangkan perbedaan putaran (differensial) kedua motor. Pada setiap jaraknya juga ditambahkan *delay* sebanyak jarak yang akan ditempuh oleh robot seperti pada jarak 1 meter dengan *delay* 1000 atau dikonversi ke detik menjadi 1 detik, jarak 1,5 meter *delay* 2000, jarak 2 meter *delay* 2000, jarak 2,5 *delay* 2500, dan jarak 3 meter dengan *delay* 3000.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Error Navigasi*

Jarak Deteksi (cm)	Jarak Sampai (cm)	<i>Error Navigasi (%)</i>
100	95	5
150	142	5,333
200	181	9,5
250	224	10,4
300	270	10
Rata-rata (%)		8,0466

Tabel 4.2 menunjukkan hasil akumulasi rata-rata dari *error* navigasi pada setiap jaraknya yaitu 8,0466%. *Error* yang dihasilkan pada setiap jaraknya kian meningkat seiring dengan bertambahnya jarak antara robot dan objek bola. Hal ini disebabkan oleh faktor akurasi deteksi yang menurun serta kemungkinan adanya hambatan dalam perjalanan robot menuju bola.

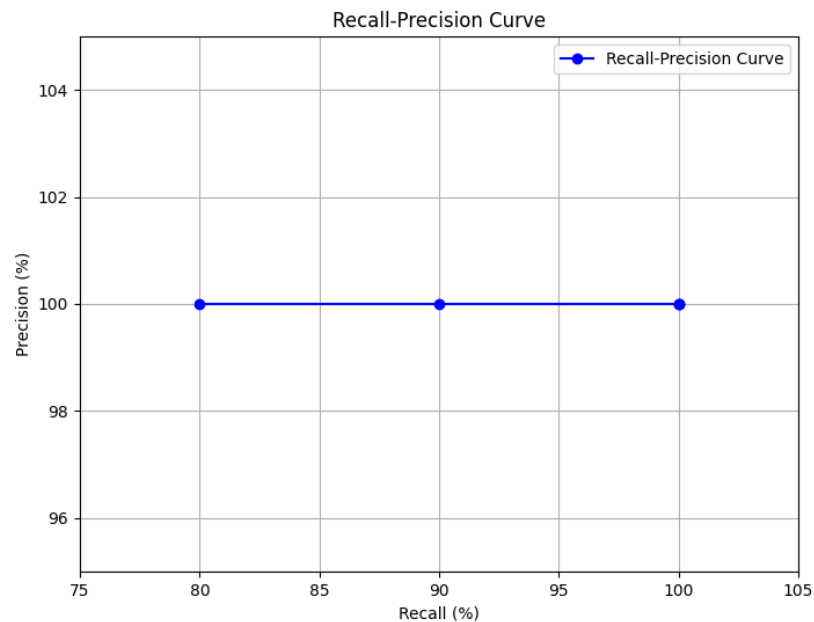
4.2.4 Grafik Hasil Pengujian

Bagian ini adalah visualisasi dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti. Visualisasi tersebut dilakukan dengan menunjukkan grafik sehingga lebih

memberikan gambaran yang lebih jelas seperti grafik *precision-recall curve* dan grafik *navigation error*.

1. *Precision-Recall Curve*

Grafik *Precision-Recall Curve* digambarkan menggunakan data dari tabel 4.1 pada halaman 39 dengan *precision* pada sumbu Y (100, 100, 100, 100, 100) dan *recall* pada sumbu X (100, 100, 100, 90, 80) seperti yang ditampilkan pada gambar 4.7.



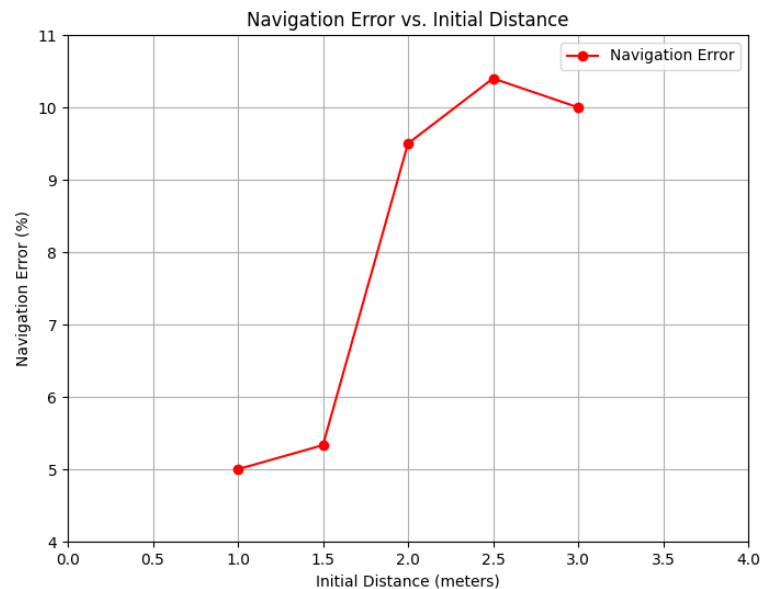
Gambar 4.7 Grafik *Precision-Recall Curve*

Grafik di atas menunjukkan bahwa robot mampu mendeteksi bola dengan *precision* (100%) pada berbagai tingkat *recall*, artinya tidak pernah terjadi kesalahan deteksi objek bola (false positive). Sementara itu, nilai *recall* yang menurun dari 100% hingga 80% mengindikasikan bahwa semakin jauh jarak

deteksi bola, semakin banyak bola yang terlewat dan tidak mendeteksi bola, namun robot tetap tidak pernah salah mengidentifikasi objek sebagai bola.

2. Grafik *Navigation Error*

Visualisasi *Error* navigasi robot pada gambar 4.8 menunjukkan tingkat ketidakakuratan posisi akhir robot saat mendekati bola, hal tersebut diukur pada setiap jaraknya menggunakan rumus 3.4 kemudian dipersenkan.



Gambar 4.8 Grafik *Error* Navigasi

Berdasarkan data yang ditampilkan grafik, pada jarak 1 m *error* navigasi hanya 5% naik bertahap menjadi 10,4% pada jarak 2,5 m dan 10% pada jarak 3 m. Artinya, semakin jauh bola dari robot, *error* navigasi meningkat secara proporsional namun tetap sangat kecil dan terkendali, menandakan sistem navigasi robot sangat stabil.

4.3 Pembahasan

Hasil dari implementasi model YOLOv8 pada robot *soccer* menunjukkan bahwa robot yang dibangun pada penelitian ini mampu mendeteksi bola dengan berbagai pengujian baik pada jarak 1 meter hingga jarak 3 meter, dengan rata-rata *accuracy* 100%, *recall* 100%, *precision* 94%, dan *error* navigasi 8,0466%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak deteksi objek maka performa deteksi semakin menurun sehingga diperlukan peningkatan pada aspek kamera, algoritma navigasi, dan strategi deteksi objek agar sistem tetap optimal. Dengan perbaikan pada aspek-aspek tersebut, sistem ini berpotensi menjadi lebih efektif dalam mendukung permainan robot sepak bola yang lebih akurat dan responsif.

Sebelum dilakukan pengujian, terdapat beberapa kendala yang dihadapi, di antaranya kebutuhan Micro SD Card dengan kapasitas penyimpanan 16 GB atau 32 GB serta penggunaan sistem operasi Raspberry Pi 64-bit untuk mempermudah instalasi *package* OpenCV dan Ultralytics. Kendala ini diatasi dengan memastikan perangkat keras dan sistem operasi yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk mendukung kelancaran proses pengujian.

4.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja

Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja sistem deteksi dan navigasi robot *soccer*:

- Resolusi Kamera. Kamera yang digunakan memiliki keterbatasan resolusi, sehingga mempengaruhi ketajaman gambar, terutama pada jarak jauh. Hal ini menyebabkan penurunan akurasi deteksi objek bola.
- Algoritma Navigasi. Kesalahan navigasi terjadi akibat kurangnya penyesuaian algoritma pergerakan robot terhadap hasil deteksi model YOLOv8, yang mengakibatkan pergerakan robot kurang akurat.

- Spesifikasi Raspberry Pi. Spesifikasi perangkat keras Raspberry Pi yang terbatas menyebabkan proses deteksi bola berjalan lambat dan tidak dapat dilakukan secara *real-time*.

4.3.2 Solusi dan Perbaikan

Untuk mengatasi kendala-kendala tersebut, beberapa solusi dan perbaikan diusulkan sebagai berikut:

- Mengganti kamera dengan resolusi lebih tinggi untuk meningkatkan ketajaman gambar dan akurasi deteksi bola pada jarak jauh.
- Mengoptimalkan algoritma navigasi dengan menambahkan mekanisme koreksi kesalahan pergerakan robot berdasarkan data deteksi YOLOv8.
- Menggunakan Raspberry Pi dengan spesifikasi perangkat keras yang lebih tinggi untuk mendukung pemrosesan deteksi bola secara *real-time*.

4.4 Integrasi Penelitian dengan Islam

Di tengah perkembangan teknologi modern, manusia terus berupaya menciptakan inovasi yang mempermudah berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Salah satu inovasi tersebut adalah teknologi deteksi objek berbasis kecerdasan buatan, seperti model YOLOv8, yang digunakan untuk mendeteksi bola pada robot *soccer* beroda. Teknologi ini memungkinkan robot untuk mengenali dan melacak bola secara otomatis dengan akurasi tinggi, menyerupai kemampuan penglihatan yang cerdas. Kemampuan ini merupakan wujud dari anugerah akal dan penglihatan yang diberikan oleh Allah SWT kepada manusia, sebagaimana dijelaskan dalam Al-Qur'an, Surah *An-Nahl* ayat 78:

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ لَا عِلْمَ

تَشْكُرُونَ

“Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun, dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan, dan hati nurani, agar kamu bersyukur.” (QS. An-Nahl: 78).

Tafsir Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Misbah, jilid 7, hal. 302-305 (Shihab, 2002) menjelaskan bahwa ayat ini mengingatkan manusia akan kelemahan fitrahnya saat dilahirkan tidak mengetahui apa pun kemudian Allah melengkapinya dengan tiga anugerah besar: *as-sam‘u* (pendengaran), *al-abshār* (penglihatan), dan *al-af‘idah* (akal hati). Ketiga-tiganya diberikan agar manusia mampu mengenal Allah, memahami tanda-tanda kebesaran-Nya, dan akhirnya bersyukur. Dalam konteks penelitian ini, model YOLOv8 yang meniru proses penglihatan manusia dalam mendeteksi bola merupakan bentuk pemanfaatan anugerah *al-abshār* dan *al-af‘idah* secara teknologi. Rasa syukur atas nikmat akal dan penglihatan dengan menggunakannya dalam menciptakan teknologi yang bermanfaat, serta menyadari bahwa ilmu pengetahuan hanyalah sarana untuk mengenal kebesaran Allah, bukan untuk kesombongan, merupakan salah satu contoh dari *Muamalah ma’a Allah*.

Teknologi seperti YOLOv8 mencerminkan bagaimana manusia memanfaatkan akal untuk menciptakan solusi yang memudahkan kehidupan, sesuai dengan perintah Allah untuk memakmurkan bumi. Hal ini sejalan dengan firman Allah dalam Surah Al-Jatsiyah ayat 13:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

“Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya, sebagai rahmat dari-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi kaum yang berpikir.” (QS. Al-Jatsiyah: 13).

Tafsir Jalalayn (hal. 824) (Al-Mahalli, n.d.) menegaskan bahwa kata “*sakhkhara* (سَخَّرَ)” bermakna Allah menundukkan seluruh alam semesta dari partikel terkecil hingga galaksi untuk dimanfaatkan manusia sesuai kehendak-Nya. Ayat ini memerintahkan manusia untuk berpikir “*yatafakkarūn* (يَتَفَكَّرُونَ)” dan memanfaatkan ciptaan Allah dengan cara yang membawa maslahat. Dalam penelitian ini, pemanfaatan algoritma *deep learning* (YOLOv8), kamera, dan mikrokontroler untuk membangun robot *soccer* merupakan wujud *taskhir* (penundukan) alam semesta yang Allah berikan. *Muamalah ma’a Allah* di sini adalah menggunakan ilmu untuk kemaslahatan umat, serta menyadari bahwa setiap inovasi teknologi adalah bukti kebesaran Allah, sehingga mendorong rasa takjub dan *tawadhu’*.

Selain itu, penerapan teknologi ini juga mencerminkan nilai-nilai Islam dalam memberikan kemudahan bagi kehidupan manusia. Dalam sebuah hadis yang diriwayatkan oleh Imam Bukhari dan Muslim, Rasulullah SAW bersabda:

يَسِّرُوا وَلَا تُعَسِّرُوا، وَبَسِّرُوا وَلَا تُثَقِّرُوا

“Permudahlah dan janganlah mempersulit, berilah kabar gembira dan janganlah membuat orang lari.” (HR. Bukhari dan Muslim).

Pada hadis ini terkandung *Muamalah ma’a al-nas* yaitu memberikan kemudahan kepada orang lain. Dalam konteks robot *soccer*, sistem deteksi otomatis dengan YOLOv8 mengurangi beban manusia dalam mengoperasikan robot, mempermudah tim dalam mengembangkan strategi, serta membuka peluang bagi siswa dan mahasiswa untuk belajar teknologi robotika tanpa harus menguasai pemrograman tingkat lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya berfokus

pada hasil berupa artefak teknologi, melainkan juga berfungsi sebagai bentuk dakwah *bil-hal* (dakwah melalui tindakan nyata). Hal ini membuktikan bahwa ilmu pengetahuan Islam menjadi pendorong inovasi yang memberikan kemudahan bagi kehidupan umat.

Dengan memadukan penelitian teknologi seperti YOLOv8 dengan nilai-nilai Islam, manusia dapat memanfaatkan akal, penglihatan, dan ilmu pengetahuan untuk menghadirkan solusi yang tidak hanya unggul dari sisi teknis, namun juga sejalan dengan tujuan syariat untuk memakmurkan bumi dan memberikan manfaat bagi umat. Teknologi ini menjadi bukti bahwa inovasi manusia, ketika diarahkan dengan niat yang baik, dapat menjadi sarana untuk mendekatkan diri kepada Allah SWT melalui pengembangan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terkait Deteksi Bola Pada Robot *Soccer* Beroda Menggunakan Model YOLOv8 maka dapat disimpulkan bahwa robot *soccer* beroda mampu melakukan deteksi dengan baik menggunakan model YOLOv8. Dari sepuluh kali pengujian yang dilakukan, peneliti mendapatkan data deteksi dengan tingkat *accuracy* 100%, *precision* 100%, dan *recall* 94%. Serta data navigasi robot menggunakan model YOLOv8 menunjukkan akumulasi rata-rata *error* navigasi pada setiap jaraknya berjumlah 8,0466%. *Error* pada setiap jaraknya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jarak antara robot dan bola. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa model YOLOv8 bisa menjadi pilihan dalam mempermudah pendeteksian objek bola dan jarak bola pada robot *soccer* beroda dengan akurasi yang tinggi.

5.2 Saran

Peneliti menyadari dan mengakui bahwa pengujian yang telah dilaksanakan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki guna meningkatkan kinerja sistem. Berdasarkan beberapa kelemahan yang ditemukan, peneliti mengajukan rekomendasi berikut untuk penelitian selanjutnya:

1. Disarankan untuk menggunakan Raspberry Pi dengan spesifikasi yang lebih unggul, seperti Raspberry Pi 4 Model B 64-bit dengan kapasitas RAM minimal 4GB atau Raspberry Pi 5 64-bit dengan RAM minimal 4GB. Micro SD ukuran

minimal 32GB juga sangat dibutuhkan karena dengan adanya memori penyimpanan lebih proses pendeteksian secara *real-time* dapat dilakukan lebih baik, cepat, dan efektif.

2. Penggunaan kamera yang memiliki resolusi tinggi, sehingga mempermudah deteksi gambar, terutama pada jarak jauh. Kamera *omnidirection* juga menjadi salah satu rekomendasi untuk digunakan.
3. Penambahan sensor pada robot seperti sensor *ultrasonic* yang berfungsi untuk meningkatkan keakuratan deteksi objek bola yang berada di depan robot karena *angle* kamera yang tidak dapat menjangkau objek jika berada dekat dengan robot yaitu sekitar 20 cm.
4. Pengembangan algoritma deteksi objek atau algoritma navigasi yang lebih *advance*, seperti menambahkan deteksi objek robot musuh dan deteksi objek gawang. Dengan hal ini robot *soccer* dapat dengan mudah melewati rintangan seperti robot lawan dan robot juga bisa mencetak gol ke arah gawang yang telah terdeteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mahalli, J. (n.d.). *Tafsir Jalalain*. 2. [https://ia903106.us.archive.org/22/items/etaoin/Terjemah Tafsir Jalalain Jilid 2.pdf](https://ia903106.us.archive.org/22/items/etaoin/Terjemah%20Tafsir%20Jalalain%20Jilid%202.pdf)
- Aulia, U., Hasanuddin, I., Dirhamsyah, M., & Nasaruddin, N. (2024). Heliyon A new CNN-BASED object detection system for autonomous mobile robots based on real-world vehicle datasets. *Heliyon*, 10(15), e35247. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35247>
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). Make: Getting started with Arduino. In *Computing in Science and Engineering*.
- Bräunl, T. (2022). Robots and Controllers. In *Embedded Robotics*. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0804-9_1
- D. Manning, C. (2009). *Introduction to Information Retrieval*. c. <https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/irbookonlinereading.pdf>
- Diono, D., Wicaksono, M. J. W., Jefiza, A., & Prayudha, D. R. (2024). Pendeteksian Objek Hasil Pengepresan Kaleng dan Botol dengan Metode You Only Look Once (YOLO) yang Diaplikasikan pada Mesin Sortir Pembelajaran PBL. *Jurnal Integrasi*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.30871/ji.v16i1.4598>
- Humaidillah, K. W. (2019). *Modul Belajar Arduino Uno*. 52.
- 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. <https://doi.org/10.18196/jrc.v5i3.21839>
- Kementerian Agama RI. (2016). *Tafsir Wajiz Jilid I: Vol. I*.
- Kulshreshtha, M., Chandra, S. S., Randhawa, P., Tsaramirsis, G., Khadidos, A., & Khadidos, A. O. (2021). Oatcr: Outdoor autonomous trash-collecting robot design using yolov4-tiny. *Electronics (Switzerland)*, 10(18). <https://doi.org/10.3390/electronics10182292>
- Kurniawan, A., & Harumwidiah, A. (2021). An evaluation of the artificial neural network based on the estimation of daily average global solar radiation in the city of Surabaya. 22(3), 1245–1250. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1245-1250>
- Lee, W., Kim, K., Ahn, W., Kim, J., & Jeon, D. (2023). A Real-Time Object Detection Processor With XNOR -Based Variable-Precision Computing Unit. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 31(6), 749–761. <https://doi.org/10.1109/TVLSI.2023.3257198>
- Nugraha, A. C., Hakim, M. L., Yatmono, S., & Khairudin, M. (2021). Development of Ball Detection System with YOLOv3 in a Humanoid Soccer Robot. *Journal of Physics: Conference Series*, 2111(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2111/1/012055>
- Prayoga, A., Jasa Afroni, M., Habibi, A., & Malang, U. I. (2024). Deteksi Bola dan Lingkungannya Dengan Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once). *Science Electro, nn, No. nn*, 1–8.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (n.d.). *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*.
- Sanubari, F. F., & Puriyanto, R. D. (2022). Deteksi Bola dan Gawang dengan

- Metode YOLO Menggunakan Kamera Omnidirectional pada Robot KRSBI-B. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 4(2), 76–85. <https://doi.org/10.12928/biste.v4i2.6712>
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Misbah*. 7(Jakarta: Lentera Hati.). <https://mtsmu2bakid.sch.id/wp-content/uploads/2023/06/Tafsir-misbah-jilid-7-Quraish-shihab-Z-Library.pdf>
- Soebhakti, H., Prayoga, S., Fatekha, R. A., & Fashla, M. B. (2019). The Real-Time Object Detection System on Mobile Soccer Robot using YOLO v3. *Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Applied Engineering, ICAE 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICAE47758.2019.9221734>
- Susanto, S., Putra, F. A., & Analia, R. (2020). XNOR-YOLO: The high precision of the ball and goal detecting on the barelang-FC robot soccer. *Proceedings of ICAE 2020 - 3rd International Conference on Applied Engineering*. <https://doi.org/10.1109/ICAE50557.2020.9350386>
- Upton, E., & Halfacree, G. (2016). Raspberry Pi® User Guide. In *Raspberry Pi® User Guide*. <https://doi.org/10.1002/9781119415572>
- Мобильного, Д. Л. Я., Исползованием, Р. С., & Strong, Y. И. (2023). Real-Time Object Detection and Tracking for Mobile Robot Using YOLOv8 And Strong Sort. *11*(116).

LAMPIRAN

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1

Hasil Pengujian deteksi objek bola.

Meter	Pengujian	Bola(Truth)	Deteksi Model	TP	FP	FN	TN	Ket.
1	1	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	2	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	3	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	4	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	5	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	6	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	7	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	8	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	9	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	10	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	Total:			10	0	0	10	
1,5	1	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	2	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	3	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	4	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	5	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	6	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	7	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	8	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	9	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	10	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar

	Total:			10	0	0	10	
2	1	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	2	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	3	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	4	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	5	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	6	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	7	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	8	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	9	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	10	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	Total:			10	0	0	10	
2,5	1	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	2	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	3	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	4	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	5	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	6	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	7	1	0	0	0	1	1	Tidak Terdeteksi
	8	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	9	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	10	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	Total:			9	0	1	10	
3	1	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar

	2	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	3	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	4	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	5	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	6	1	0	0	0	1	1	Tidak Terdeteksi
	7	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	8	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	9	1	0	0	0	1	1	Tidak Terdeteksi
	10	1	1	1	0	0	1	Deteksi Benar
	Total:			8	0	2	10	

Lampiran II
Dokumentasi Kegiatan

