



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

PROPOSAL

IMPLEMENTASI *Robot Operating System (ROS)* PADA ROBOT KIPER KRSBI BERODA UNTUK PREDIKSI ARAH TENDANGAN MENGGUNAKAN METODE YOLO

ASYAL ACHNAN WAHYUDI
NRP. 0920040052

Calon Dosen Pembimbing

1. AGUS KHUMAIDI, S.ST., M.T.
2. MOHAMMAD BASUKI RAHMAT, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2024

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



PPNS POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

PPNS

POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

PROPOSAL

IMPLEMENTASI *Robot Operating System (ROS)* PADA ROBOT KIPER KRSBI BERODA UNTUK PREDIKSI ARAH TENDANGAN MENGGUNAKAN METODE YOLO

Asyal Achnan Wahyudi

NRP. 0920040052

Calon Dosen Pembimbing

1. AGUS KHUMAIDI, S.ST., M.T.

2. MOHAMMAD BASUKI RAHMAT, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2024

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

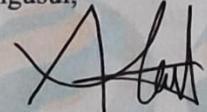
LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Tugas Akhir : Implementasi *Robot Operating System* (ROS) pada Robot Kiper KRSBI Beroda Untuk Prediksi Arah Tendangan Menggunakan Metode YOLO
2. Bidang Tugas Akhir : Teknologi Industri
3. Bidang Keahlian : Robotika
4. Pengusul :
 - a. Nama Lengkap : Asyal Achnan Wahyudi
 - b. NRP : 0920040052
 - c. Program Studi : Teknik Otomasi
 - d. Jurusan : Teknik Kelistrikan Kapal
 - e. Alamat Rumah : Rt 13, Rw 06, Watugolong, Krian, Sidoarjo
 - f. No. Telp/HP : 082140754795
 - g. Alamat Email : asyal.achnan@student.ppns.ac.id
5. Dosen Pembimbing I :
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Agus Khumaidi, S.ST., M.T
 - b. NIP : 199308172020121004
6. Dosen Pembimbing II :
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Mohammad Basuki Rahmat, S.T., M.T.
 - b. NIP : 197305222000031001
6. Jangka Waktu Pelaksanaan : 4 (empat) bulan

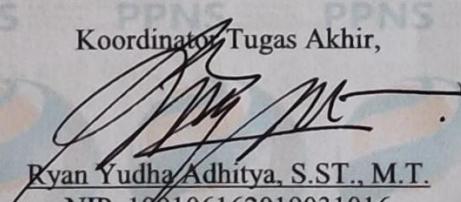
Menyetujui,
Ketua Jurusan

Isa Rachman, S.T., M.T.
NIP. 198008162008121001

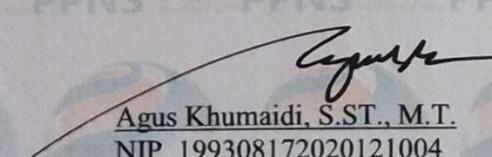
Surabaya, 28 Desember 2023
Pengusul,


Asyal Achnan Wahyudi
NRP. 0920040052

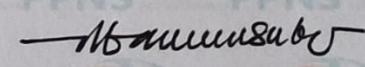
Koordinator Tugas Akhir,


Ryan Yudha Adhitya, S.ST., M.T.
NIP. 199106162019031016

Calon Dosen Pembimbing I,


Agus Khumaidi, S.ST., M.T.
NIP. 199308172020121004

Calon Dosen Pembimbing II,


Mohammad Basuki Rahmat, S.T., M.T.
NIP. 197305222000031001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

IMPLEMENTASI *Robot Operating System (ROS)* PADA ROBOT KIPER KRSBI BERODA UNTUK PREDIKSI ARAH TENDANGAN MENGGUNAKAN METODE YOLO

Asyal Achnan Wahyudi

ABSTRAK

Prediksi arah tendangan merupakan aspek yang sangat penting untuk robot penjaga gawang dalam pertandingan sepak bola beroda. Keakuratan prediksi arah tendangan lawan akan sangat menentukan kemampuan robot penjaga gawang dalam menghalau bola yang ditendang ke arah gawang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan metode YOLO V5 dan *Trigonometry Technique* guna meningkatkan akurasi prediksi arah tendangan lawan pada robot penjaga gawang KRSBI Beroda. Metode YOLO V5 yang merupakan salah satu metode deteksi objek berbasis *deep learning* digunakan untuk mendeteksi keberadaan bola pada setiap citra yang diambil oleh kamera. Data posisi bola dari hasil deteksi YOLO V5 dan prediksi arah datang bola dari perhitungan *Trigonometry Technique* kemudian digunakan untuk membuat keputusan pergerakan robot penjaga gawang. Aturan *rule-based logic* digunakan untuk menentukan keputusan pergerakan robot ke kiri, kanan, atau tetap di tengah sesuai dengan prediksi arah datang bola. Implementasi dari sistem prediksi arah tendangan ini dilakukan pada platform ROS (*Robot Operating System*). ROS memungkinkan integrasi berbagai *node sensor input, processing, and output* secara terdistribusi. Deteksi bola dengan YOLO V5 dilakukan pada *node image processing*, sementara perhitungan *Trigonometry Technique* dan pengambilan keputusan gerakan robot pada node lainnya. Node-node tersebut berkomunikasi satu sama lain via *ROS Master*. Dengan pemanfaatan ROS diharapkan sistem prediksi arah tendangan pada robot penjaga gawang menjadi lebih modular dan *scalable*. Selain itu penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi peneliti lain dalam mengembangkan sistem prediksi tendangan dan gerakan pada robot sepak bola beroda dengan memanfaatkan metode YOLO V5, *Trigonometry Technique*, serta integrasi sistem terdistribusi menggunakan ROS.

Kata kunci: Robot sepak bola, Prediksi arah tendangan, YOLO V5, *Trigonometry technique*, KRSBI Beroda, ROS

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	4
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Penelitian Terdahulu	7
2.2 You Only Look Once (YOLO)	10
2.3 Pengolahan Citra	13
2.4 Pixel, Resolusi, dan Intensitas	14
2.5 Odometry.....	15
2.6 Teori Gyroscope	17
2.7 Gyrodometry	17
2.8 Teori Trigonometri <i>Technique</i>	18
2.8.1 Trigonometri Dasar	18
2.8.2 Algoritma Trigonometri <i>Technique</i>	19

2.9	Sistem Penggerak Robot <i>four Omni-directional Drive</i>	22
2.10	Sensor dan Aktuator	23
2.10.1	<i>Incremental Rotary Encoder</i>	23
2.10.2	Sensor HWT901B-TTL.....	24
2.10.3	Sensor <i>Proximity</i>	25
2.10.4	<i>Driver IBT-2-H-Bridge</i>	26
2.10.5	Motor DC PG-45	27
2.10.6	Motor DC PG-36.....	28
2.10.7	Motor DC <i>Power Window</i>	29
2.10.8	LCD 20x4.....	29
2.10.9	Kamera <i>Omni-directional</i>	30
2.10.10	Kamera <i>Webcam C922</i>	31
2.11	Kontroler	32
2.11.1	STM32F4 <i>DiyMore</i>	32
2.11.2	Arduino Mega 2560 <i>Pro Mini</i>	33
2.11.3	Laptop.....	34
2.12	Software	35
2.12.1	Arduino IDE.....	35
2.12.2	STM32CubeMX.....	36
2.12.3	Keil uVision	36
2.12.4	<i>Visual Studio Code</i>	37
2.12.5	<i>Python</i>	38
2.12.6	<i>Pytorch</i>	39
2.12.7	<i>Robot Operating System (ROS)</i>	40
2.12.8	<i>Compute Unified Device Architecture) CUDA</i>	41
2.12.9	<i>Open Computer Vision</i>	42

2.12.10 <i>Google Colaboratory (Colab)</i>	42
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	45
3.1 Konsep Penelitian	45
3.1.1 Diagram Blok Sistem	45
3.1.2 <i>Flowchart</i> Alur Kerja Sistem	48
3.1.3 Algoritma <i>Trigonometry Technique</i>	49
3.1.4 Sistem Deteksi Objek	53
3.1.5 Alur Sistem Pergerakan Robot Kiper Menghalau Bola	54
3.2 Tahapan Penelitian.....	57
3.3 Perencanaan dan Desain.....	58
3.3.1 Analisa Kebutuhan Sistem	59
3.3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	60
3.3.3 Desain Sistem Mekanik.....	61
3.3.4 Perencanaan <i>Software</i>	64
3.4 Jadwal (<i>Timeline</i>).....	65
3.5 Rencana Anggaran Penelitian	66
DAFTAR PUSTAKA	67

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perubahan dan perkembangan dari penelitian sebelumnya	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi rotary encoder LPD3806 400BM G5 24C (Agencyelectronics, 2023).	24
Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor HWT901B-TTL (Witmotion, 2020).	25
Tabel 2. 4 Spesifikasi driver motor IBT-2-H-Bridge (OkyNewsstarTechnology, 2022).	27
Tabel 2. 5 Spesifikasi motor dc PG-45 (Gearpowermotor, 2021).	27
Tabel 2. 6 Spesifikasi motor dc PG-36 (Gearpowermotor, 2021).	28
Tabel 2. 7 Spesifikasi motor dc power window (Cytron, 2023).	29
Tabel 2. 8 Spesifikasi STM32F4 diymore (Diymore, 2023).	32
Tabel 2. 9 Spesifikasi arduino mega 2560 pro mini (Robotdyn, 2023).	34
Tabel 3. 1 jadwal penggeraan penelitian (Penulis, 2024)	65
Tabel 3. 2 Rencana anggaran penelitian (Penulis, 2024)	66

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pertandingan Robot Sepak Bola Beroda (Penulis, 2024).....	2
Gambar 2. 1 Basic Diagram of CNN (Vicente-Martínez et al., 2023).....	11
Gambar 2. 2 Operating process with responsibility in each grid (Vicente-Martínez et al., 2023).....	12
Gambar 2. 3 YOLO v5 architecture in well-defined 2 phases, with Max Pooling in both phases to improve performance (Sekharamantry et al., 2023).....	13
Gambar 2. 4 Koordinat pixel (Romadloni, 2023).	15
Gambar 2. 5 Reprentasi Penempatan Rotary Encoder (Darmawan, 2023).....	16
Gambar 2. 6 Koordinat robot dalam sumbu kertesian $x=0.5$ dan $y=0.5$ dan arah hadap robot $\theta=0$ (Safatain et al., 2022).....	18
Gambar 2. 7 Segitiga siku-siku (Setiawan, 2019).....	19
Gambar 2. 8 Hubungan dari dx , dy dan sisi miring (Setiawan, 2019).....	20
Gambar 2. 9 Ilustrasi teknik trigonometri (Penulis, 2024).....	21
Gambar 2. 10 Pengkondisian untuk menentukan arah bola (Penulis, 2024)	22
Gambar 2. 11 Ilustrasi desain robot omni-directional empat roda (Darmawan, 2023).	22
Gambar 2. 12 Representasi kinematika dari sistem pergerakan omni-directional empat roda (Darmawan, 2023).....	23
Gambar 2. 13 Rotary encoder (Penulis, 2024).....	24
Gambar 2. 14 Sensor HWT901B-TTL (Witmotion, 2020).....	25
Gambar 2. 15 Sensor proximity infrared (Penulis, 2024).....	26
Gambar 2. 16 Driver motor IBT-2-H-Bridge (Penulis, 2024)	26
Gambar 2. 17 Motor dc PG-45 (Penulis, 2024).	27
Gambar 2. 18 Motor dc PG-36 (Penulis, 2024).	28
Gambar 2. 19 Motor dc power window (Penulis, 2024).....	29
Gambar 2. 20 LCD 20x4 (Penulis, 2024)	30
Gambar 2. 21 Kamera omni-directional (Penulis, 2024)	30
Gambar 2. 22 Kamera webcam Logitech C922 (Logitech, 2023).....	31
Gambar 2. 23 STM32F4 diymore (Penulis, 2024).....	32
Gambar 2. 24 Arduino mega 2560 pro mini (Peulis, 2024).....	33
Gambar 2. 25 Laptop (Penulis, 2024)	35

Gambar 2. 26 Software arduino IDE (Penulis, 2024)	36
Gambar 2. 27 Software STM32CubeMX (Penulis, 2024).....	36
Gambar 2. 28 Software Keil uVision (Penulis, 2024).	37
Gambar 2. 29 Software visual studio code (Penulis, 2024)	38
Gambar 2. 30 Logo Python (Python, 2023).....	38
Gambar 2. 31 Logo Pytorch (Pytorch, 2023).....	39
Gambar 2. 32 Logo ROS (ROS, 2023).....	40
Gambar 2. 33 Logo NVIDIA CUDA (Nvidia, 2023)	41
Gambar 2. 34 Logo OpenCV (Romadloni, 2023).....	42
Gambar 2. 35 Logo Google Colab (Colabgoogle, 2023)	43
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem (Penulis, 2024).....	47
Gambar 3. 2 Flowchart Alur Kerja Sistem (Penulis, 2024)	48
Gambar 3. 3 Flowchart Algoritma Trigonometry Technique (Penulis, 2024).....	50
Gambar 3. 4 Ilustrasi Proses Prediksi Arah Datang Bola (Penulis, 2024)	51
Gambar 3. 5 Flowchart Sistem Deteksi Objek (Penulis, 2024)	54
Gambar 3. 6 Diagram Alir Sistem Pergerakan Robot Kiper Menghalau Bola (Penulis, 2024)	55
Gambar 3. 7 Ilustrasi Ukuran Lapangan KRSBI-Beroda (Penulis, 2024)	56
Gambar 3. 8 Rules Base Pergerakan Robot Kiper (Penulis, 2024).....	56
Gambar 3. 9 Diagram Rules Base Pergerakan Robot Kiper (Penulis, 2024).....	57
Gambar 3. 10 Flowchart Tahapan Penelitian (Penulis, 2024)	58
Gambar 3. 11 Diagram Perancangan Hardware (Penulis, 2024)	60
Gambar 3. 12 Desain Robot Tampak Depan (Penulis, 2024).....	61
Gambar 3. 13 Desain Robot Tampak Bawah (Penulis, 2024)	62
Gambar 3. 14 Desain Robot Tampak Samping (Penulis, 2024)	62
Gambar 3. 15 Desain Robot Tampak Atas (Penulis, 2024)	63
Gambar 3. 16 Implementasi Desain Robot (Penulis, 2024).....	64
Gambar 3. 17 Perencanaan Software (Penulis, 2024).....	64

DAFTAR NOTASI

K_{roda}	=	Keliling Roda Omni
$Pulse_{per,mm}$	=	Konversi Jumlah Pulsa ke millimeter (pulse/mm)
dx	=	Alas segitiga siku-siku
dy	=	Tinggi segitiga siku-siku
$S_i \ (1,2,3)$	=	Jarak tempuh dari masing-masing roda
θ	=	Sudut roda omni terhadap sumbu acuan
S_x	=	Jarak tempuh robot pada sumbu x
S_y	=	Jarak tempuh robot pada sumbu y
Y_{pos}	=	posisi x robot dalam koordinat kartesian (mm)
X_{pos}	=	Posisi y robot dalam koordinat kartesian (mm)
θ	=	Arah hadap robot (o)
V_1	=	Kecepatan roda 1
V_2	=	Kecepatan roda 2
V_3	=	Kecepatan roda 3
V_4	=	Kecepatan roda 4
V_x	=	Kecepatan robot pada arah sumbu X
V_y	=	Kecepatan roda pada arah sumbu Y
V_θ	=	Kecepatan sudut robot
ω	=	Kecepatan <i>angular</i> dari roda (rad/detik)
R	=	Jari-jari robot (cm)
r	=	Jari-jari robot roda omni (cm)
XP	=	Nilai prediksi titik datang bola

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot dipahami sebagai suatu bentuk perangkat yang merupakan hasil perancangan dengan diketahui sebagai upaya untuk memberikan bantuan dalam usaha diselesaiannya suatu kegiatan atau hal-hal yang menjadi kebutuhan manusia dengan cara otomatis yang diketahui pula memanfaatkan suatu program yang ditanamkan terhadap suatu sistem robot yang telah jadi atau telah dibuat atau telah melalui suatu proses pengontrolan yang dilaksanakan oleh manusia atau makhluk hidup. Sebagai upaya untuk memberikan dorongan dalam upaya pengembangan terhadap robot di Indonesia sendiri, diketahui pada tiap tahun dihadirkan suatu bentuk kompetisi robot dengan menyajikan bervariasi tema atau tema yang variatif. Pusat Prestasi Nasional diketahui menyelenggarakan kontes robot sepak bola Indonesia yang berada pada kategori beroda (Kusumoputro et al., 2023).

Kementerian riset, teknologi, dan pendidikan tinggi diketahui menyelenggarakan suatu kontes robot sepak bola Indonesia atau disingkat dengan (KRSBI) kategori beroda setiap tahun. KRSBI kategori beroda mengacu pada *RoboCup Middle Size League* (MSL), diketahui dikenal sebagai suatu kompetisi yang berada pada jenis yang sama di wilayah tingkatannya secara global dengan melakukan penyesuaian terkait aturan seperti terkait ukuran pada lapangan yang digunakan, pada jumlah robot yang akan hadir sebagai partisipan. Pada pertandingan kompetisi tersebut diketahui berada pada kategori beroda, dua tim bersaing untuk merebut bola. Tim yang memasukkan jumlah bola yang paling banyak akan memenangkan pertandingan (Kusumoputro et al., 2023).

Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI) kategori beroda tingkat nasional tahun 2023 diadakan secara offline. Konsep dari Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda hampir sama dengan pertandingan sepak bola, yaitu mencetak gol sebanyak mungkin dan menjaga gawang agar tidak terjadi gol. Namun, pada KRSBI, hanya ada tiga pemain: dua penyerang dan satu robot penjaga gawang. Pada setiap pertandingan, dua tim bersaing untuk merebut bola dan memasukkan bola sebanyak mungkin ke gawang lawan dalam waktu tertentu.

Dengan demikian, robot penjaga gawang harus memiliki kemampuan untuk mencari bola, menghadang bola, menggiring bola, menendang bola, dan dapat bergerak sendiri (Kusumoputro et al., 2023).



Gambar 1. 1 Pertandingan Robot Sepak Bola Beroda (Penulis, 2024)

Terkait performa yang dimiliki oleh robot penjaga gawang adalah suatu komponen yang sifatnya penting pada upaya pelaksanaan pertandingan dari KRSBI kategori beroda. Robot penjaga gawang diketahui memiliki peran dalam upaya menghalau bola dari segala arah untuk dijaganya area gawang. Hal tersebut sebagai usaha untuk dipastikannya bahwa bola tidak memasuki wilayah gawang. Satu dari beberapa masalah yang menjadi hambatan dalam performa yang dimiliki oleh robot penjaga gawang yakni waktu yang butuhkan kamera untuk diambilkannya suatu gambar melalui keadaan aslinya. Hal tersebut diketahui memberikan hambatan pada robot terkait untuk melakukan penghalauan terhadap bola, diketahui juga dapat meningkatkan kemungkinan bola dapat masuk ke gawang. Berdasarkan masalah yang telah dipaparkan, kajian ini berupaya membahas terkait sistem yang diaplikasikan untuk melakukan prediksi terkait arah tendangan lawan pada robot terkait yakni secara khusus pada sepak bola beroda. Sistem tersebut diketahui mengaplikasikan suatu mekanisme *You Only Look Once* (YOLO) V5 untuk meningkatkan prediksi arah tendangan lawan, dan *Robot Operating System* (ROS) akan digunakan untuk komunikasi antar *note* dengan menggunakan fitur Master ROS.

Robot penjaga gawang secara resmi memiliki suatu kemampuan dasar untuk melakukan penemuan atau menemukan bola di wilayah lapangan tanah titik pada tugas akhir ini anak, dapat yang berperan sebagai penjaga gawang melakukan defisit terkait bola dengan memanfaatkan sensor kamera. Faktor diketahui berperan sebagai pengolah gambar yang sifatnya digital dengan ditangkap melalui kamera yang telah dihadirkan untuk ditemukannya bola selain itu juga dilakukan upaya identifikasi lokasinya baik di *frame* kamera sebelumnya maupun di *frame* kamera saat ini. Pada penelitian sebelumnya yang membahas prediksi arah bola. Prediksi arah gerakan bola menggunakan metode *Trigonometry Technique* yang membagi segmentasi pergerakan bola menjadi tiga bagian berdasarkan lebar gawang dan posisi robot. Wilayah segmentasi dibagi bagian kiri, tengah, dan kanan robot. Metode *Multilayer Perceptron* digunakan untuk menghitung pergerakan selanjutnya, yang menghitung pergerakan robot berdasarkan prediksi gerakan yang telah diperoleh. Namun, karena prediksi gerakan bola yang dinamis hanya membedakan tiga wilayah besar, masih ada kesalahan saat robot kiper membuat keputusan untuk bergeser mencegah bola datang. Nilai prediksi titik di mana bola akan masuk ke gawang dihitung dengan menggunakan rumus trigonometri untuk menghitung data lokasi (Setiawan, 2019). Dengan menerapkan prediksi terkait tendangan yang akan dihadirkan tangan robot, menjadi suatu harapan untuk melakukan antisipasi terkait upaya pengambilan gambar yang diketahui dalam kondisi tertunda oleh kamera. Selain itu dan melakukan upaya prediksi tendangan yang akan dilakukan lawan. Respon yang diadakan oleh robot diketahui akan bersifat semakin cepat untuk mendahului arah bola yang pertama, untuk mengurangi kemungkinan kebobolan dan mengoptimalkan peforma robot penjaga gawang, pada penelitian ini dikembangkan dengan proses deteksi bola menggunakan YOLO kemudian dilanjutkan dengan proses prediksi arah bola dan menggerakkan robot penjaga gawang berdasarkan *rule base* gerakan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan Penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana mekanisme robot penjaga gawang dalam upaya melakukan deteksi bola yang mengaplikasikan mekanisme atau metode YOLO V5?
2. Bagaimana cara robot penjaga gawang memprediksi arah tendangan lawan dengan menerapkan *Trigonometry Technique*?
3. Bagaimana meningkatkan akurasi prediksi tendangan lawan menggunakan YOLO V5 dan *Trigonometry Technique* ?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan Penelitian ini adalah:

1. Pendekslan dengan kamera hanya berdasarkan warna bola oranye sesuai dengan panduan buku KRI Nasional 2023.
2. Tidak ada penghalang antara robot penjaga gawang dan bola pada saat bergerak.
3. Difokuskan untuk prediksi arah datang bola berdasarkan posisi robot.
4. Estimasi terkait jarak dari fenomena pergeseran robot dengan metode teknik trigonometri diketahui hanya untuk tendangan yang bersifat datar.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan terkait kajian ini yakni mencakup:

1. Mampu mengaplikasikan metode atau mekanisme YOLO V5 terhadap robot yang berperan sebagai penjaga gawang sepak bola dalam kategori beroda untuk melakukan penelitian yang terkait kehadiran atau keberadaan dari bola.
2. Mampu mengaplikasikan teknik trigonometri terhadap robot penjaga gawang dalam kompetisi sepak bola yang berkategori beroda untuk dilakukannya upaya optimasi terhadap performa yang dimiliki robot dalam upaya melakukan prediksi terkait arah tendangan dari pihak lawan.
3. Mampu menerapkan YOLO V5 dan *Trigonometry Technique* untuk meningkatkan akurasi prediksi tendangan lawan pada robot penjaga gawang.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Robot penjaga gawang dapat membedakan objek bola dengan objek lain.
2. Mengoptimalkan peforma robot penjaga gawang dalam hal memprediksi arah bola.
3. Menemukan perpindahan robot penjaga gawang yang secara tepat untuk dilakukannya suatu upaya menghalau bola, sehingga dapat dikuranginya suatu kemungkinan untuk gol.
4. Mampu menerapkan strategi menghalau bola untuk robot penjaga gawang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini, terkait referensi atau hal-hal yang berkaitan dengan sumber dan agama laporan terhadap kajian dan lumut dan juga dapat jurnal yang bersifat ilmiah akan dilakukan pembahasan dan agama serta terkait upaya peninjauan bahan dan rumah terkait metode, perangkat lunak dan perangkat keras yang dimanfaatkan pada tugas akhir ini sebagai bagian dari pendukung.

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Pada kajian sebelumnya yang memiliki judul “Deteksi Bola dan Gawang dengan Metode YOLO Menggunakan Kamera *Omnidirectional* pada Robot KRSBI-B” yang membahas mengenai sistem deteksi bola menggunakan masukan dari pengolahan citra yang berasal dari kamera *omnidirectional*. Penelitian ini berhasil mendeskripsikan bahwa terkait robot dapat melakukan deteksi dengan atau terhadap lebih dari satu objek yakni bola dan juga terkait gawang yang berada di atas wilayah lapangan hijau. Diketahui pula hasil yang diperoleh dari kajian ini yakni Kedua jenis model YOLO yang dilakukan pengujian dengan mengaplikasikan YOLOv3 dan YOLOv3-*Tiny* diketahui dapat melakukan deteksi terhadap objek bola dan juga gawang yang berada pada dua jenis terkait ukuran frame yang sifatnya berbeda yakni 320x320 dan 416x416 yang mana dapat dilakukan peninjauan melalui adanya performa yang disajikan terkait pada model tersebut yang mana dimilikinya suatu mAP yakni pada angka 76% yang ditemukan pada frame yakni dan serta nilai mAP sebesar 87,5% pada frame 416x416 lalu pada model YOLOv3-*Tiny* memiliki nilai mAP sebesar 68,1% pada frame 320x320 serta nilai mAP ada angka 75,5% yang berada pada wilayah floem yakni 416x416 yang mana diketahui terkait model tersebut dapat dilakukan upaya deteksi atau dapat dilakukan pemanfaatan fungsi terkait kemampuannya menjadi tekstur terhadap objek atau terhadap kedua kelas obyek yang dipahami berada pada keadaan yang sifatnya lebih stabil dibanding pada model YOLOv3-*Tiny*. Kajian ini menghadirkan suatu harapan dapat mengaitkan suatu sistem deteksi metode YOLO metode lain yang terkait dalam *deep learning* yang dimilikinya suatu program penggerak robot

agar dapat dilakukan upaya implementasi pada suatu strategi pergerakan terhadap robot (Sanubari & Puriyanto, 2022).

Pada penelitian sebelumnya yang membahas mengenai Metode YOLO yang berjudul “Implementasi Sistem *Object Tracking* Untuk Mendeteksi Dua Objek Berbasis *Deep Learning*” yang membahas mengenai sistem deteksi bola dan robot kawan menggunakan masukan dari pengolahan citra yang berasal dari kamera *omnidirectional*. Penelitian ini berhasil mendeskripsikan bahwa robot dapat mendeteksi lebih dari satu objek yaitu bola dan robot kawan di atas lapangan hijau. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN) yang digunakan dengan algoritma YOLO terdiri dari 24 lapisan konvolusi, 4 lapisan pooling maksimum, dan 2 lapisan terhubung sepenuhnya, seperti yang digunakan dalam penelitian ini. CNN ini sangat penting untuk merancang sistem *tracking* objek yang dapat mengawasi bola dan robot kawan dengan baik. Untuk membuat model pendekripsi objek menggunakan Yolov5, diperlukan 1500 gambar pelatihan dan 215 gambar pengujian. Dengan menggunakan komunikasi serial, data hasil pendekripsi akan dikirim ke mikrokontroler. Hasil pelatihan Yolov5 menunjukkan pembacaan yang baik dengan nilai rata-rata presisi (mAP) 0,985, presisi 0,971, dan nilai recall 0,981. Bola dengan diameter 700 sentimeter dan robot kawan dengan diameter 900 sentimeter dapat dideteksi dengan kemampuan pendekripsi CNN. Namun, pendekripsi bola dan robot kawan tidak stabil ketika intensitas cahaya terlalu rendah (Muldayani, 2023).

Pada penelitian selanjutnya yang membahas mengenai permasalahan deteksi objek bola dan prediksi arah gerakan bola pada robot kiper yaitu penelitian yang berjudul “Sistem Prediksi Arah Tendangan Lawan pada Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda Menggunakan *Trigonometry Technique* Dan Metode *Multilayer Perceptron*” dimana dalam penelitian ini prediksi arah bola diperkirakan gerakan selanjutnya. Prediksi arah gerakan bola menggunakan metode *Trigonometry Technique* yang membagi segmentasi pergerakan bola menjadi tiga bagian berdasarkan lebar gawang dan posisi robot. Wilayah segmentasi dibagi bagian kiri, tengah, dan kanan robot. Metode *Multilayer Perceptron* digunakan untuk menghitung pergerakan selanjutnya, yang menghitung pergerakan robot berdasarkan prediksi gerakan yang telah diperoleh. Namun, karena prediksi gerakan

bola yang dinamis hanya membedakan tiga wilayah besar, masih ada kesalahan saat robot kiper membuat keputusan untuk bergeser untuk mencegah bola datang (Setiawan, 2019).

Bagian yang dilaksanakan terkait sistem operasi terhadap robot dengan diambilnya judul berupa “Implemnetasi Enkripsi *Advanced Encryption Standard* (AES-128) Mode *Cipher Block Chaining* (CBC) sebagai Keamanan Komunikasi Pergerakan Robot *Humanoid KRSBI*” di mana diketahui pada bagian ini terkaitdi mana diketahui pada bagian ini terkait sistem terkait sistem yang telah dijelaskan tidak dilakukan upaya enkripsi atau mendapatkan perlindungan atau tidak dilindungi berat pada data pada tiap kali upaya komunikasi dilaksanakan dengan melakukan pengiriman dan juga terkait permintaan, atau secara istilah juga dikenal dengan publish and subscribe. Dihadirkan atau di ranjang sebagai upaya untuk melakukan implementasi terkait dengan skripsi terhadap standar dan skripsi yang tinggi (AES-128) Mode *Cipher Block Chaining* (CBC) Sebagai Keamanan Komunikasi Pergerakan Robot Sepak Bola Humanoid KRSBI”. Dengan dilakukannya upaya perancangan yang berkaitan pada fungsi terhadap konektivitas dengan kualitas yang dimiliki bernilai rendah atau kualitas rendah dengan dimanfaatkannya *network bandwidth* memberikan jaminan pada setiap node yang teraplikasi atau yang tengah berjalan di dalam wilayah ROS. Ini juga memiliki fitur untuk mendaftarkan dan mempublikasikan topik. Kriptografi kemudian dapat memastikan bahwa data atau pesan tetap aman saat dikirim dari pengirim ke penerima tanpa terganggu oleh orang lain (Sudrajat et al., 2021).

Penelitian sebelumnya yang telah dipaparkan berbeda dan berkembang dari penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Perubahan dan perkembangan dari penelitian sebelumnya disajikan dalam Tabel 2. berikut.

Tabel 2. 1 Perubahan dan perkembangan dari penelitian sebelumnya

Penulis (Tahun)	Judul	Fokus penelitian sebelumnya	Perbedaan/ Pengembangan
Farhan Fadhillah Sanubari (2023)	“Deteksi Bola dan Gawang dengan Metode YOLO Menggunakan Kamera <i>Omnidirectional</i> pada Robot KRSBI-B”	Pada penelitian sebelumnya membahas mengenai deteksi bola dan gawang menggunakan YOLOv3 dan YOLOv3-Tiny .	Pada penelitian ini robot dapat mendeteksi bola menggunakan YOLOv5 agar robot dapat menghalau bola dengan akurat dan tepat.
Wahyu Muldayani (2023)	“Implementasi Sitem <i>Object Tracking</i> Untuk Mendeteksi Dua Objek Berbasis <i>Deep Learning</i> ”	Pada penelitian sebelumnya membahas mengenai deteksi bola dan robot kawan menggunakan YOLOv5.	Pada penelitian ini robot dapat mendeteksi bola menggunakan YOLOv5 kemudian dilanjutkan dengan proses prediksi arah bola dengan perhitungan <i>Trigonometry Technique</i> .
Danis Bagus Setiawan (2019)	“Sistem Prediksi Arah Tendangan Lawan pada Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda Menggunakan <i>Trigonometry Technique</i> dan <i>Multilayer Perceptron</i> ”	Pada penelitian sebelumnya berfokus untuk memperoleh nilai prediksi arah bola dengan perhitungan <i>Trigonometry Technique</i> dan menggerakkan robot penjaga gawang berdasarkan perhitungan <i>Multilayer Perceptron</i> .	Pada penelitian ini proses deteksi bola menggunakan YOLO kemudian dilanjutkan dengan proses prediksi arah bola dan menggerakkan robot penjaga gawang berdasarkan <i>rule base</i> gerakan.
Achmad Sudrajat (2021)	“Implemnetasi Enkripsi <i>Advanced Encryption Standard</i> (AES-128) Mode <i>Cipher Block Chaining</i> (CBC) sebagai Keamanan Komunikasi Pergerakan Robot <i>Humanoid KRSBI</i> ”	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang ROS yang didalamnya terdapat fitur untuk <i>subscribe</i> topik dan juga <i>publish</i> topik pada robot <i>humanoid KRSBI</i> .	Pada penelitian ini ROS dapat menjalankan fitur Master ROS untuk berkomunikasi antar node dan melaporkan informasi pendaftaran pada robot penjaga gawang KRSBI-Beroda

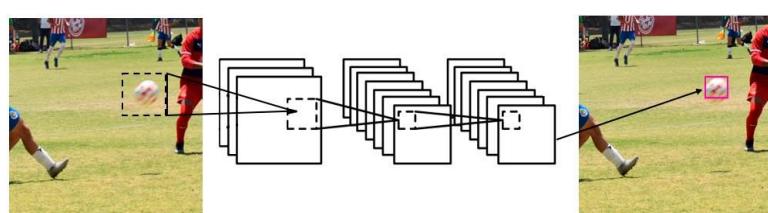
2.2 You Only Look Once (YOLO)

You Only Look Once (YOLO) dipahami sebagai suatu bagian dari algoritma yang berperan sebagai suatu pihak pengembang atau suatu perangkat pengembang dari arah algoritma sebelumnya yakni CNN. Algoritma tersebut dilakukan pengembangan sumber upaya untuk dilaksanakannya pengenalan terhadap suatu objek dengan cara yang *real time*, dengan dimilikinya suatu kecepatan 45 *frame* pada tiap detiknya. Terlihat sistem deteksi yang dilaksanakan

atau yang telah dilakukan adalah dengan melakukan pengaplikasian terkait *repurpose classifier* atau *localizer*. Yakni sebagai bagian dari suatu modal yang diaplikasikan pada citra diketahui ditemukan pada beberapa lokasi serta juga terkait pada wilayah skal. Daerah yang memiliki citra diketahui ditampilkan atau diperolehnya suatu skor yang sifatnya paling tinggi dengan dipahami bahwa hal tersebut diperolehnya suatu skor yang sifatnya paling tinggi dengan dipahami bahwa hal tersebut dapat disebut dapat dianggap sebagai objek telah terdeteksi atau dideteksi (Romadloni, 2023).

Pada Gambar 2.1 dari skema dasar CNN, ditunjukkan bahwa di bagian tengah ada banyak lapisan yang terhubung satu sama lain, karena proses yang dilakukan dalam jaringan saraf konvolusi luas, untuk mencapai deteksi dan keyakinan tinggi dalam menemukan objek. Oleh karena itu, penting untuk menjelaskan versi YOLO yang digunakan, yang seperti dalam versi sebelumnya menggunakan kotak perbatasan di tempat-tempat di mana ia berhasil mengklasifikasikan atau mendeteksi sesuatu dari apa yang disajikan kepada model selama pelatihan, membagi gambar lengkap menjadi grid NxN. Dengan demikian, ia memberikan nilai kepada setiap grid untuk bertanggung jawab atas deteksi objek, sehingga mendapatkan ambang keyakinan pertama bahkan tanpa melatih model, karena jika itu adalah wilayah di mana tidak ada minat atau tidak ada objek hadir kepercayaan adalah 0 (Vicente-Martínez et al., 2023).

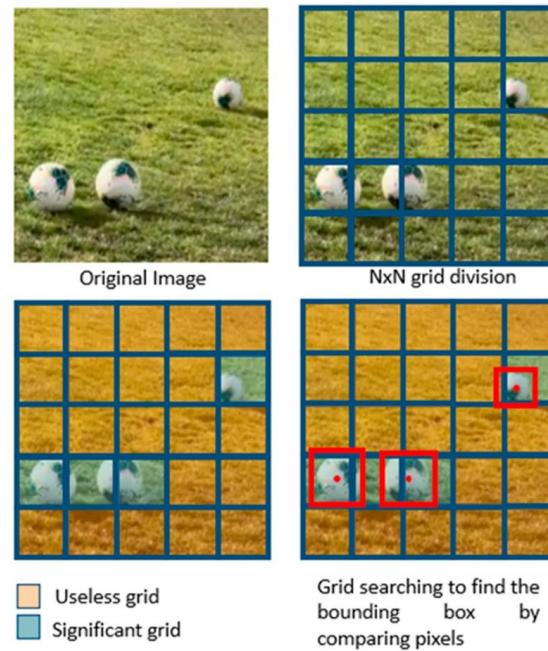
Setiap gambar akan memiliki lima nilai (x, y, w, h dan kepastiannya), yaitu (x, y) adalah rasio pusat kotak perbatasan dengan grid-grid yang hadir dalam deteksi itu, (w, h) merupakan rasio-rasio normalisasi dari kotak batas sehubungan dengan ukuran gambar input, dan kepercayaan yang berasal dari mengetahui apakah ada objek yang hadir seperti yang ditunjukkan dalam ilustrasi berikut (Vicente-Martínez et al., 2023).



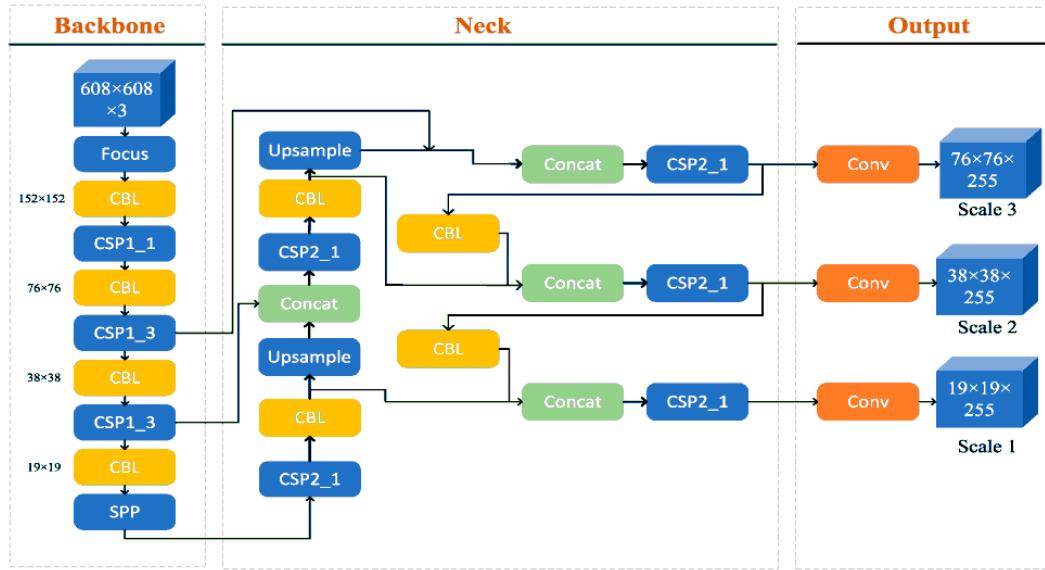
Gambar 2. 1 *Basic Diagram of CNN* (Vicente-Martínez et al., 2023).

Dengan melihat grid-grid yang ada di setiap frame seperti di Gambar 2.2, kita dapat mengidentifikasi grid mana yang bertanggung jawab untuk identifikasi yang benar. Grid-grid lain tidak penting untuk algoritma, jadi perhitungan IoU (*Intersection over Union*) dilakukan secara default sesuai dengan grid yang ditemukan dalam deteksi objek. Dalam versi YOLOv7 yang digunakan, jaringan saraf melakukan proses dalam dua fase seperti yang ditunjukkan dalam diagram arsitektur berikut, fase untuk ekstraksi fitur, dan fase belajar berdasarkan fitur yang diekstraksi; dengan demikian, mengoptimalkan GPU komputer karena mereka fokus pada satu tugas pada saat yang sama mencapai hingga 70% lebih cepat daripada versi sebelumnya (Vicente-Martínez et al., 2023).

Mengingat arsitektur yang disebutkan di bawah dari Gambar 2.3, yang terdiri dari tulang belakang, leher, dan kepala untuk gambar pelatihan, parameter jaringan yang didukung dijelaskan dalam tabel berikut. Secara khusus, parameter yang digunakan oleh jaringan saraf konvolusi ini (CNN) ditekankan (Vicente-Martínez et al., 2023).



Gambar 2.2 Operating process with responsibility in each grid (Vicente-Martínez et al., 2023)



Gambar 2. 3 YOLO v5 *architecture in well-defined 2 phases, with Max Pooling in both phases to improve performance* (Sekharamantry et al., 2023).

2.3 Pengolahan Citra

Pada upaya pemrosesan terkait gambar yang bersifat dua dimensi diketahui mengaplikasikan komputer yang secara umumnya disebut sebagai pengolahan gambar digital. Dalam pemahaman ini yakni sifatnya lebih luas, pengolahan terkait Citra digital diketahui meliputi keseluruhan data 2 dimensi yang di dalamnya tercakup dari suatu barisan bilangan yang sifatnya nyata dan kompleks yang mana Di representasikan oleh *bit-bit* tertentu. Citra sendiri adalah gambar, foto, atau berbagai tampilan dua dimensi yang menunjukkan suatu objek. Dua jenis representasi gambar adalah digital dan tercetak. Cira digital adalah kumpulan angka dua dimensi. Ciri digital disimpan dalam bentuk *array* angka digital, yang masing-masing larik atau *array* berasal dari kuantifikasi tingkat kecerahan masing-masing piksel yang membentuk gambar (Romadloni, 2023). Operasi pada pengolahan citra digunakan untuk:

1. *Image enhancement*, upaya untuk melakukan peningkatan terkait kualitas Citra atau ditonjolkannya beberapa aspek yang berkaitan dengan informasi yang ditemukan atau hadir dalam citra. Misalnya adalah upaya perbaikan secara kontras yakni gelap atau terang, perbaikan di wilayah tepian objek, dan juga upaya penajaman terhadap citra.
2. *Image restoration*, yaitu meminimalkan atau menghilangkan cacat pada citra. Contohnya adalah menghilangkan kesamaran (*debluring*) citra yang

diketahui tampak buram atau kabur sebab dari pengaturan fokus lensa yang diketahui tidak tepat atau terkait posisi kamera yang digunakan tidak dalam keadaan stabil.

3. *Image segmentation*, yakni upaya pengelompokan, upaya pencocokan, dan upaya melakukan pengukuran terhadap elemen pada citra. Operasi ini diketahui memiliki keterkaitan pada upaya pengenalan terhadap pola yang hadir pada citra.
4. *Image analysis*, yakni suatu upaya ekstraksi terhadap ciri-ciri yang sifatnya tertentu yang mana ditemukan pada citra untuk dapat menghadirkan suatu bantuan dalam usaha melakukan identifikasi terhadap objek. Proses terkait segmentasi sendiri kadangkala membutuhkan suatu upaya lokalisasi objek atau melakukan lokalisasi terhadap objek yang diinginkan di wilayah sekelilingnya atau dari sekelilingnya. Salah satu contohnya adalah pendekripsi tepi objek.
5. *Image reconstruction*, dipahami sebagai suatu upaya penggabungan citra terkait pada bagian dari Citra sendiri yang lain. Yakni seperti foto rontgen atau beberapa foto rontgen yang dilakukan penggabungan sebagai upaya untuk dibentuknya ulang gambaran dari organ tubuh terkait.
6. *Image compression*, yaitu pemampatan citra. Contoh sederhananya adalah terkait pada suatu file yang berkaitan dengan dimilikinya bentuk BMP yakni berada pada ukuran atau memiliki ukuran 352 KB dan kemudian diformatkan dengan atau di mampatkan dengan mekanisme JPEG kemudian menjadi suatu ukuran atau memiliki ukuran 14 KB.

2.4 **Pixel, Resolusi, dan Intensitas**

Suatu Citra yang diketahui tersusun yang terdiri dari ribuan titik yang memiliki wujud kecil atau sangat kecil, dimana pada tiap titik-titik terkait memiliki warna yang berkarakteristik atau tertentu. Terkait titik yang berukuran kecil secara istilah disebut dengan pixel. Pada tiap-tiap piksel sendiri diketahui memiliki warna yang bersifat berbeda dan diketahui melakukan pengaitan atau bergabung pada pixel-pixel yang lain sehingga terwujudnya suatu pola dan juga dihasilkannya suatu gambar. Koordinat dari pixel sendiri dapat ditinjau pada gambar 2.4. Pixel yang melakukan penyusunan terhadap suatu gambar memiliki warna yang

berkarakteristik atau tertentu. Banyaknya warna yang dihadirkan atau yang dimiliki suatu gambar terkait dengan intensitas. Intensitas terhadap gambar sendiri diketahui memiliki berbagai variatif atau jenis istilah yakni 256 warna, high color, 16 juta warna atau secara istilah dikenal dengan True Color, terkait gradasi abu-abu, dan juga terkait hitam putih atau black and white. Gambar diketahui akan semakin bagus apabila semakin banyaknya jumlah warna yang disusun atau melakukan penyusunan. Terkait batas maksimum atau jumlah warna maksimum yang terdapat pada gambar diketahui dapat ditinjau melalui jenis atau ekstensi dari filenya. Contohnya file gambar dengan dimilikinya ekstensi JPG diketahui memiliki jumlah warna 16 juta hal tersebut merupakan angka maksimum atau 16 juta warna merupakan batas maksimum dari ekstensi tersebut dan terkait file gambar yang memiliki ekstensi gif diketahui memiliki batas maksimum banyak 265 warna (Romadloni, 2023).

	0	1	2	3	.	.	.	n
0								
1								
2			■					
.								
.								
.								
m								

Gambar 2. 4 Koordinat *pixel* (Romadloni, 2023).

Resolusi adalah jumlah *pixel* perdaerah. Kualitas gambar ditentukan oleh besar kecilnya resolusi. Jika suatu gambar dibuat menjadi lebih besar, maka resolusinya akan mengecil, sehingga gambar menjadi tidak tajam. Semakin tinggi resolusi dari sebuah gambar maka akan semakin tinggi kemampuan perbesaran dari gambar tersebut (Romadloni, 2023).

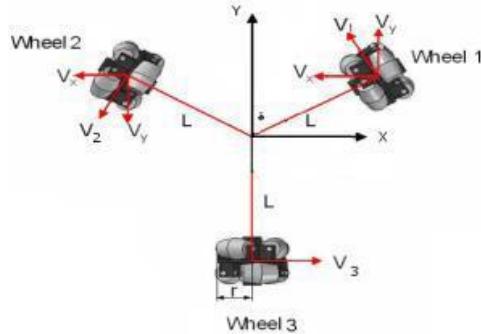
2.5 Odometry

Odometry diketahui sebagai suatu mekanisme atau metode yang diaplikasikan melalui sensor yang memiliki basis posisi untuk dilakukannya upaya prediksi atau perkiraan terkait hadirnya perubahan pada suatu posisi dari waktu ke waktu. Metode tersebut diketahui berupaya memetakan posisi yang berada pada wilayah sumbu x dan sumbu y yang secara khusus berada pada sistem koordinat kartesian. *Odometry* derakan translasi robot sudah diketahui pasti pada robot.

Posisi relatif robot dapat diperkirakan dengan menghitung terkait jumlah dari pulsa yang diperoleh dari upaya *rotary encoder* pada tiap-tiap satuan ukuran yang selanjutnya dilakukan upaya konversi menjadi suatu satuan berupa milimeter, reprentasi penempatan *Rotary Encoder* dapat dilihat pada Gambar 2.5. Terkait rumus untuk diperolehnya jumlah pulsa pada tiap hari upaya putaran terhadap roda dilaksanakan diketahui pengaplikasian atau memanfaatkan persamaan dari 2.1 dan juga terkait 2.2 (Darmawan, 2023).

$$K_{roda} = 2\pi r \quad (2.1)$$

$$Pulse_{per_mm} = resolusi_{enc}/K_{roda} \quad (2.2)$$



Gambar 2. 5 Reprentasi Penempatan Rotary Encoder (Darmawan, 2023)

Koordinat X dan koordinat Y pada robot *omni-directional* tiga roda dapat diperolah mekanisme melakukan penggantian terkait kecepatan pada tiap roda melalui sistem secara kinematik robot yakni opini directional terhadap 3 roda dengan dimilikinya jarak yang telah dilakukan upaya tempuh secara masing-masing dari roda Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh persamaan :

$$S_x = S_3 - S_1 \cos(\theta_1) - S_2 \cos(\theta_2) \quad (2.3)$$

$$S_y = S_1 \cos(\theta_1) - S_2 \cos(\theta_2) \quad (2.4)$$

Persamaan koordinat 2.3 dan 2.4 merupakan koordinat yang dihasilkan oleh robot. Apabila ingin mengaplikasikan pada koordinat kartesain pada lapangan diperlukan matriks transformasi. Matriks tersebut berguna untuk mentransformasikan koordinat pada persamaan rotasi 2.5.

$$\begin{bmatrix} Ypos \\ Xpos \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Sy \\ Sx \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Odometry memiliki kesalahan sistematis seperti diameter roda yang tidak sama, roda tidak berbentuk lingkaran sempurna, ketidakpastian titik gesekan pada

roda, rotasi sensor *encoder* yang terbatas, dan juga *sampling rate* yang terbatas. Adapula kesalahan non-sistematis meliputi lantai yang tidak rata, selip pada roda, dan juga terganjal benda yang tidak terduga (Darmawan, 2023).

2.6 Teori *Gyroscope*

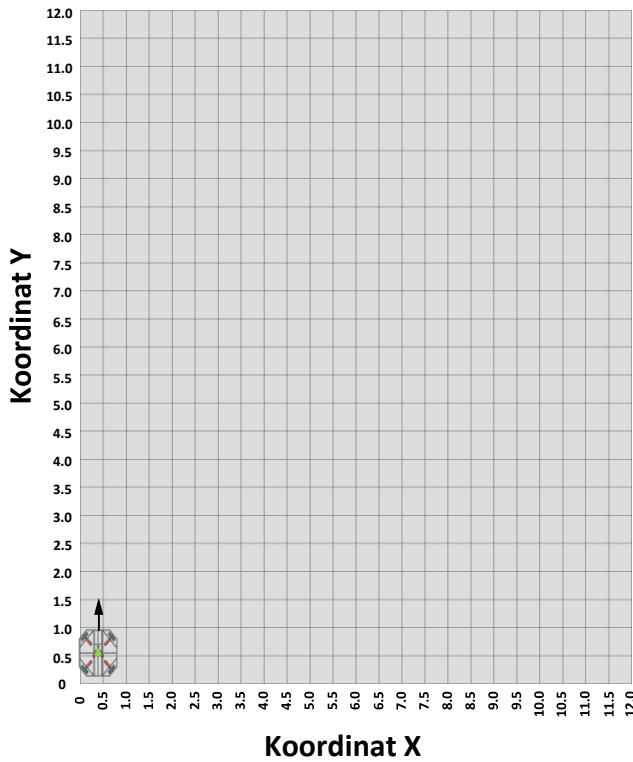
Gyroscope merupakan roda yang berputar pada titik pusat atau porosnya yang berguna untuk mengukur atau mempertahankan orientasi dari suatu objek. Poros roda terhubung dengan lingkaran di sekeliling roda atau disebut dengan gimbal. Gimbal satu dengan lainnya saling terhubung pada dasar lempengan. Hal tersebut menyebabkan *gyroscope* berputar secara stabil. Kemampuan *gyroscope* mempertahankan kedudukan karena tidak adanya gangguan gaya dari luar. Hal tersebut sesuai dengan hukum newton pertama yang dipaparkan ole Isaac Newton dimana terkait gaya total dari benda sendiri bernilai sama dengan nol apabila benda terkait berada pada keadaan diam atau pada keadaan yang bersifat setimbang. Prinsip dasar *gyroscope* dalam mengukur orientasi berupa momentum sudut yang memiliki kepekaan tinggi terhadap kecepatan sudut dari arah sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Setiap sumbu tersebut akan membentuk perubahan sudut yaitu sumbu x sebagai sudut phi (*roll*), sumbu y sebagai sudut theta (*pitch*), dan sumbu z sebagai sudut psi (*yaw*) (Darmawan, 2023).

Gyroscope menghasilkan besar sudut dalam suatu waktu yang disebut dengan kecepatan sudut. Hal tersebut merupakan keluaran dari *gyroscope*. Nilai kecepatan sudut yang dihasilkan akan diolah dengan cara integrasi terhadap waktu yang berguna untuk mengukur besar sudut orientasi (Darmawan, 2023).

2.7 Gyrodometry

Gyrodometry merupakan metode yang mengkombinasikan data dari sensor *gyroscope* untuk penentuan arah hadap robot dan data posisi yang didapatkan dari metode odometry. *Gyrodometry* mudah untuk diimplementasikan dan juga sangat efektif untuk mengurangi kesalahan non-systematic seperti lantai yang tidak rata ketika menggunakan metode *odometry*. Pada penelitian ini, metode *gyrodometry* digunakan untuk menentukan posisi gerak robot dalam sumbu kartesian x dan y menggunakan sensor *rotary encoder* dan penentuan arah hadap dengan sensor *gyroscope* (Safatain et al., 2022).

Pada Gambar 2.6 sensor *gyroscope* ditempatkan di tengah robot agar pembacaan arah hadap robot lebih presisi. Pada posisi awal (Gambar 2.7) robot diinisiasi terlebih dahulu sesuai koordinat dengan *rotary encoder* untuk penentuan



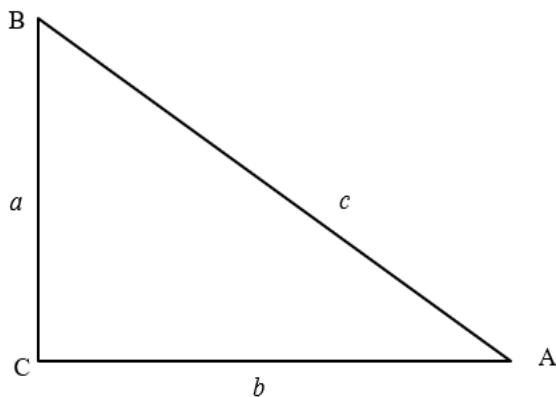
Gambar 2. 6 Koordinat robot dalam sumbu kartesian $x=0.5$ dan $y=0.5$ dan arah hadap robot $\theta=0$ (Safatain et al., 2022).

posisi robot terhadap sumbu kartesian x dan y dengan koordinat $x = 0.5$ dan koordinat $y=0.5$. Pada lintasan lapangan dan kalibrasi sensor *gyroscope* untuk penentuan arah hadap robot sesuai posisi arah hadap robot $\theta= 0^\circ$ kemudian menentukan koordinat yang akan dituju oleh robot (Safatain et al., 2022).

2.8 Teori Trigonometri *Technique*

2.8.1 Trigonometri Dasar

Dalam matematika, trigonometri adalah bidang ilmu yang menyelidiki hubungan antara sisi dan sudut segitiga. Berdasarkan pengolahan, gagasan kesebangunan segitiga merupakan dasar trigonometri, terutama bentuk bangun segitiga siku-siku yang bersesuaian pada dua bangun datar. Karena sifat ini, bangun datar segitiga memiliki rumus khusus yang didasarkan pada nilai sudut yang dihasilkan. Gambar 2.7 di bawah menunjukkan bentuk bangun segitiga siku-siku dengan sudut pada tiap sisinya (Setiawan, 2019).



Gambar 2. 7 Segitiga siku-siku (Setiawan, 2019).

Berasal dari konsep geometri Euclid, terkait pada dua bangun yang berbentuk segitiga akan disebut sebagai suatu hal yang sebangun jika dimilikinya pada tiap-tiap bangun sudut yang memiliki nilai yang sama besar atau yang sama besar. Melalui konsep terkait dapat dilakukan pengembangan lagi dengan sudut-sudut yang bersifat non Lancip atau tidak Lancip atau diketahui lebih besar dari nilai 90° maupun diketahui berada pada posisi kurang dari 90 derajat. Kemudian pada persamaan segitiga siku – siku didapat rumus dasar perhitungan sudut dan sisi segitiga sebagai berikut (Hidayat, 2023).

$$\sin A = \frac{a}{c} \quad (2.6)$$

$$\cos A = \frac{b}{c} \quad (2.7)$$

$$\tan A = \frac{\sin A}{\cos A} = \frac{a}{b} \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} \cot A &= \frac{1}{\tan A} \\ &= \frac{\cos A}{\sin A} = \frac{b}{a} \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\sec A = \frac{1}{\cos A} = \frac{c}{b} \quad (2.10)$$

$$\csc A = \frac{1}{\sin A} = \frac{c}{a} \quad (2.11)$$

2.8.2 Algoritma Trigonometri *Technique*

Teknik Algoritma Trigonometri merupakan teknik yang digunakan untuk melakukan prediksi terhadap arah gerak bola berdasarkan persamaan rumus matematika trigonometri. Teknik ini menghitung gerak linier yang memperhitungkan perpindahan, kecepatan awal dan akhir, dan momentum bola. Unsur-unsur tersebut merupakan bagian dari unsur dasar dalam fisika. Ada empat

dasar dalam membangun gerak linier. Pergerakan robot atau bola di lapangan dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti gesekan dan gaya inersia. Pada teknik ini terdapat dua fase dalam proses perhitungan yaitu fase awal dan fase prediksi (Hidayat, 2023).

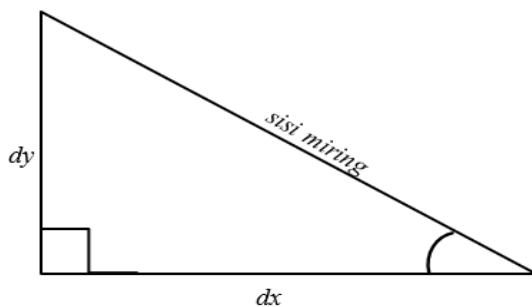
1. Tahap Awal

Tidak dapat ini diketahui dilaksanakan dengan tujuan yang telah dirumuskan untuk ditentukannya suatu sudut terhadap pergerakan bola yang mana akan diaplikasikan dalam proses upaya perhitungan selanjutnya. Interval waktu (t), nilainya ditentukan sesuai kebutuhan, membedakan jarak antara *frame* saat ini dan *frame* terakhir. Bola diposisikan di sumbu x dan y dari *frame* sebelumnya oleh variabel *currentball*. Persamaan 2.12 dan 2.13 (Hidayat, 2023). berikut digunakan untuk menentukan jarak bola :

$$dx = \text{currentball}.pos.x - \text{lastball}.pos.x \quad (2.12)$$

$$dy = \text{currentball}.pos.y - \text{lastball}.pos.y \quad (2.13)$$

Persamaan 2.14, yang didasarkan pada prinsip *phytagoras*, dapat digunakan untuk mendapatkan sisi miring segitiga-segitiga dari nilai dx dan dy . Hubungan antara dx , dy , dan sisi miring segitiga digambarkan dalam Gambar 2.8 (Setiawan, 2019).



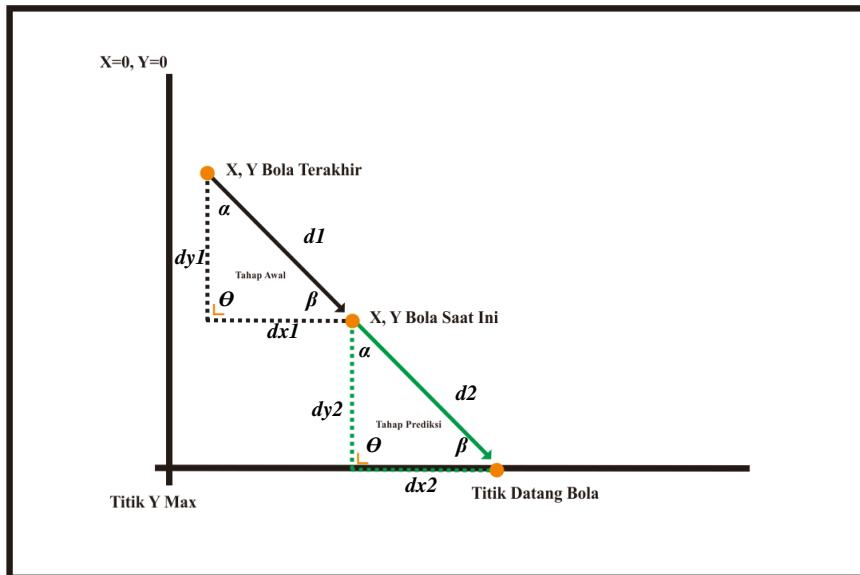
Gambar 2. 8 Hubungan dari dx , dy dan sisi miring (Setiawan, 2019).

$$\text{sisi miring } (s) = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (2.14)$$

2. Tahap Prediksi

Tujuan dari tahap selanjutnya adalah menemukan terkait nilai prediksi titik yang hadir dari bola atau titik datang bola yang secara istilah dikenal dengan XP. Prediksi tersebut diketahui berupaya memperkirakan terkait lokasi bola yang berada pada wilayah frame secara maksimal yang secara khusus di sumbu y, yang menyajikan pemahaman bahwa bola diketahui akan sampai pada area gawang yakni

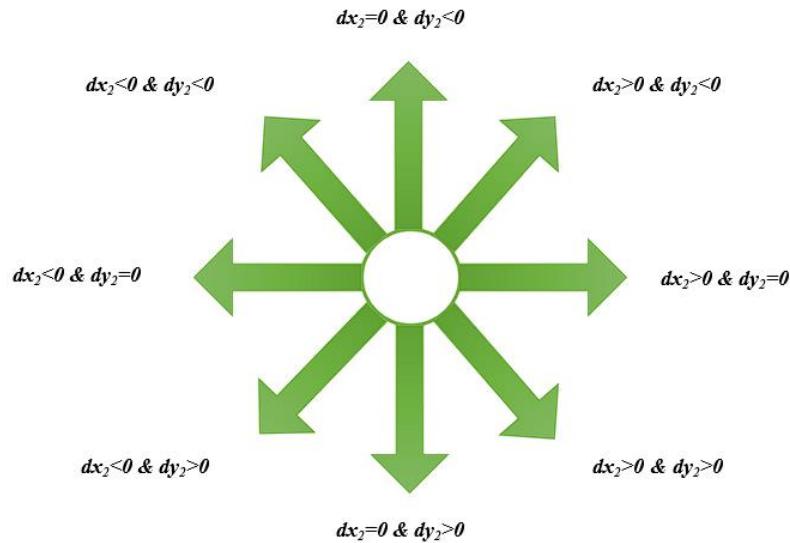
di titik XP. Nilai prediksi titik datang bola diperoleh dengan menggunakan persamaan trigonometri (Setiawan, 2019). Gambar 2.9 menunjukkan proses dalam kedua tahapan :



Gambar 2. 9 Ilustrasi teknik trigonometri (Penulis, 2024)

Untuk menemukan perpindahan akhir (d_2) dari bola yang bergerak menggunakan kecepatan yang diperoleh pada tahap awal. Dengan mengasumsikan bahwa bola bergerak dengan percepatan konstan, nilai kecepatan awal pada fase ini sama dengan nilai kecepatan akhir pada fase awal. Prediksi ini memperkirakan letak bola pada *frame* berikutnya dengan interval waktu kedua diantara setiap *frame*. Tahap prediksi menghitung nilai prediksi titik datang bola (XP) (Setiawan, 2019).

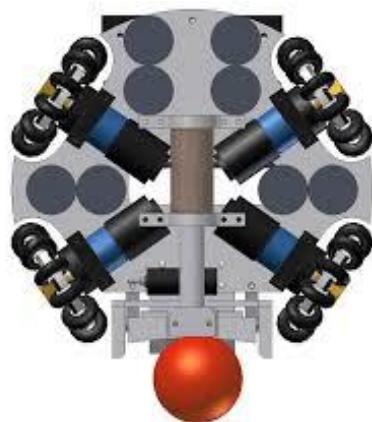
Untuk dipahaminya arah pergerakan dari bola panorama terkait beberapa keadaan secara halus dilakukan penentuan. Upaya pengolahan desain terkait arah bola sendiri diketahui dilaksanakan dengan melakukan penghitungan terkait koordinat sumbu x dari wilayah kiri dan juga tidak sumbu y yang berada di wilayah atas, seperti yang disajikan pada gambar 2.10 (Setiawan, 2019).



Gambar 2. 10 Pengkondisian untuk menentukan arah bola (Penulis, 2024)

2.9 Sistem Penggerak Robot *four Omni-directional Drive*

Robot *omni-directional* 4 roda dipahami sebagai suatu hal yang berwujud persegi dengan dimilikinya roda yang secara istilah dikenal dengan Omni dengan diketahui diletakkan pada wilayah ujung atau tiap-tiap ujung. Pada kajian ini sistem yang berperan sebagai bendera keutama akan memanfaatkan sistem penggerak Oni directional 4 roda. Ilustrasi terjadi robot dapat ditinjau melalui penyajian dalam roda adalah berbentuk persegi dengan roda omni yang diletakkan pada tiap Gambar 2.11 (Darmawan, 2023).



Gambar 2. 11 Ilustrasi desain robot *omni-directional* empat roda (Darmawan, 2023).

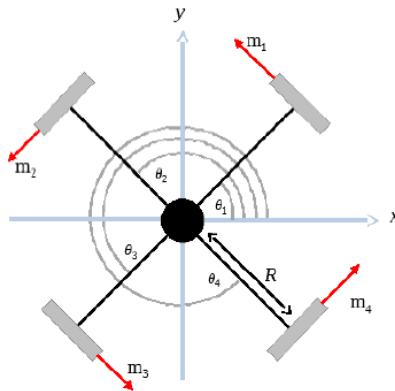
Untuk dapat dipahaminya suatu perpindahan robot dari wilayah. Awalnya mengalami pergerakan, maka secara harus dipahami terkait variabel-variabel yang memiliki keterkaitan sehingga dapat dilaksanakannya upaya pengontrolan seperti gerak terhadap robot dan juga terkait sudut masing-masing dari roda (Darmawan, 2023). Dari Gambar 2.11. Akan diperolehnya suatu persamaan secara kinematik yang mana diketahui dimanfaatkan pada suatu sistem pengontrolan:

$$V_x = -V_1 \cos(\theta_1) - V_2 \cos(\theta_2) + V_3 \cos(\theta_3) + V_4 \cos(\theta_4) \quad (2.15)$$

$$V_y = V_1 \cos(\theta_1) - V_2 \cos(\theta_2) - V_3 \cos(\theta_3) + V_4 \cos(\theta_4) \quad (2.16)$$

$$V_\theta = \frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \frac{V_3}{R} + \frac{V_4}{R} \quad (2.17)$$

$$V_{i(1,2,3,4)} = \omega \cdot r \quad (2.18)$$



Gambar 2. 12 Representasi kinematika dari sistem pergerakan *omnidirectional* empat roda (Darmawan, 2023).

Dari Gambar 2.12 diketahui setiap roda disusun secara simetris dengan perbedaan sudut setiap roda (90°).

$$V_{i(1,2,3,4)} = -V_x \sin(\theta_i) + V_y \cos(\theta_i) + R\omega \quad (2.19)$$

2.10 Sensor dan Aktuator

Dalam tugas akhir ini, peneliti menggunakan beberapa sensor dan actuator yaitu :

2.10.1 Incremental Rotary Encoder

Untuk mengetahui koordinat x , y pada penelitian kali ini menggunakan *Rotary Encoder*. *Rotary Encoder* adalah komponen elektronika yang digunakan untuk mengonversi posisi sudut atau gerakan poros menjadi sinyal analog atau sinyal digital. *Rotary Encoder* memiliki 2 tipe sesuai dengan kapasitas yang dihasilkan

yaitu *Incremental Rotary Encoder* dan *Absolute Rotary Encoder*. Pada penelitian ini, *rotary encoder* yang digunakan adalah *incremental rotary encoder*. *Incremental Rotary Encoder* merupakan perangkat yang membangkitkan gelombang kotak pada saat *shaft* berputar. Untuk dilakukannya upaya spesifikasi secara lengkap *rotary encoder* ditinjau atau dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi rotary encoder LPD3806 400BM G5 24C (Agencyelectronics, 2023).

<i>Attribute</i>	<i>Value</i>
<i>Pulse Per revolution</i>	400
<i>Encoder Technology</i>	<i>Incremental</i>
<i>Maximum Revolution</i>	5000rpm
<i>Output Signal Type</i>	<i>NPN Open Collector</i>
<i>Shaft Type</i>	<i>Radial, Thrust</i>
<i>Supply Voltage</i>	5-24 VDC
<i>Operating Temperature</i>	-40°C to 85°C
<i>Overall Height</i>	51 mm
<i>Draw Current</i>	30 mA
<i>Electrical Response Frequency</i>	20K/sec



Gambar 2. 13 *Rotary encoder* (Penulis, 2024).

Penggunaan *incremental rotary encoder* seperti Gambar 2.13. yaitu untuk menghitung jumlah rotasi atau putaran pada roda *omni-directional* robot yang dipasang pada *shaft rotary encoder*.

2.10.2 Sensor HWT901B-TTL

Pada penelitian kali ini untuk mengetahui sudut robot, dibutuhkan sensor HWT901B adalah *Rotation Angle Attitude* sensor. Sensor yang mengukur

kecepatan sudut 1 dimensi, sudut 1 dimensi tersebut adalah sumbu Z. keunggulannya adalah algoritma yang dapat menghitung sudut sumbu z secara akurat. Untuk spesifikasi lengkap sensor HWT901B-TTL dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Witmotion, 2020).



Gambar 2. 14 Sensor HWT901B-TTL (Witmotion, 2020).

Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor HWT901B-TTL (Witmotion, 2020).

Spesifikasi	Keterangan
<i>Brand</i>	WitMotion
<i>voltage</i>	5~36V
<i>Output</i>	<i>Z axis angle, Z-axis angular velocity</i>
<i>Range</i>	<i>Z : ±180°</i>
<i>Accuracy</i>	0.1°
<i>Stability</i>	0.05°
<i>Size</i>	55*36.8*24 mm

Berikut pada Gambar 2.14. adalah model sensor HWT901B-TTL. Perangkat yang digunakan dalam penentuan posisi arah setiap robot untuk menendang, menggiring, menghadang menggunakan sensor HWT901B-TTL. Penggunaan sensor tersebut memanfaatkan fasilitas *heading angle* yang berguna untuk menentukan posisi arah hadap robot (Darmawan, 2023).

2.10.3 Sensor *Proximity*

Pada penelitian kali ini Sensor *proximity* digunakan untuk mendeteksi objek yang berada didepan sensor. Terdapat banyak jenis sensor *proximity*, di antaranya

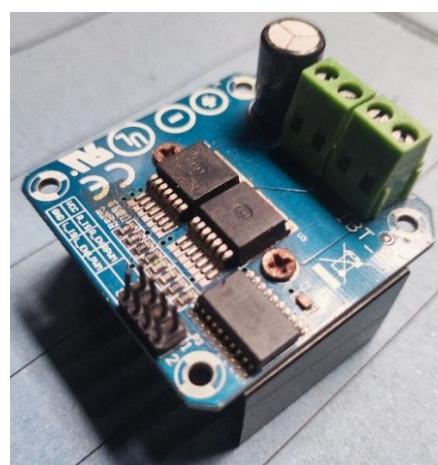


Gambar 2. 15 Sensor *proximity infrared* (Penulis, 2024).

ultrasonic *proximity*, *infrared proximity*, dan lain sebagainya. Sensor *proximity* seperti pada Gambar 2.15. Sensor *proximity* ini akan mendeteksi objek benda dengan jarak cukup dekat dari sensor. Dalam penelitian ini menggunakan sensor *proximity infrared* yang digunakan untuk mendeteksi bola yang sudah masuk dalam penggiring atau belum, dan mendeteksi tiang gawang agar robot tidak menabrak tiang gawang (Darmawan, 2023).

2.10.4 *Driver IBT-2-H-Bridge*

Untuk mengendalikan motor DC pada penelitian ini menggunakan *driver* IBT-2-H-Bridge adalah modul *driver motor* yang menggunakan 2 BTS7960 chip dan bekerja dengan arus motor tinggi. *Driver motor* seperti Gambar 2.16. ini dapat mengendalikan motor dengan *range* tegangan 6-27 volt VDC. Pengendalian *driver motor* ini menggunakan *Pulse Width Modulation* atau biasa disebut *PWM*. Dalam penelitian ini *driver* IBT-2-H-Bridge digunakan untuk mengendalikan motor PG45 sebagai penggerak, dan penendang robot, motor PG36 sebagai penggiring robot, dan motor power window sebagai *sliding* tangan robot penjaga gawang.



Gambar 2. 16 *Driver* motor IBT-2-H-Bridge (Penulis, 2024).

Untuk dilakukan juga spesifikasi melalui *driver motor* IBT-2-H-Bridge seperti pada Gambar 2.16. dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Spesifikasi driver motor IBT-2-H-Bridge (OkyNewsstarTechnology, 2022).

Karakteristik	Keterangan
Tegangan Masukan	6V-27V
Arus Maksimum	43A
Input Level	3.3V-5V
<i>Control mode</i>	PWM or level

2.10.5 Motor DC PG-45

Penggerak utama robot pada penelitian ini akan menggunakan Motor DC PG-45 seperti pada Gambar 2.17. Motor DC PG-45 adalah Motor DC *brushed* memiliki torsi besar karena motor ini dilengkapi dengan *built-in planetary gearbox*. Untuk spesifikasi dari Motor DC PG-45 dapat dilihat pada Tabel 2.5.



Gambar 2. 17 Motor dc PG-45 (Penulis, 2024).

Tabel 2. 5 Spesifikasi motor dc PG-45 (Gearpowermotor, 2021).

Spesifikasi	Keterangan
<i>Built-in</i>	<i>Planetary Gearbox PG45</i>
Tegangan kerja	DC 24V
Arus	4A
Daya	60W
<i>Speed</i>	500 rpm
Torsi	25 kgfcm

Pada penelitian ini Motor DC PG-45 selain digunakan sebagai penggerak utama robot dan juga sebagai penendang bola.

2.10.6 Motor DC PG-36



Gambar 2. 18 Motor dc PG-36 (Penulis, 2024).

Selain Motor DC PG-45, pada penelitian ini juga menggunakan Motor DC PG-36 yang mempunyai torsi lebih kecil daripada Motor DC PG-45 namun memiliki rpm lebih tinggi. Motor DC PG-36 seperti pada Gambar 2.18 adalah motor *brushed* yang pada penelitian ini digunakan sebagai penggiring. Untuk spesifikasi dari Motor DC PG-36 ini bisa dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Spesifikasi motor dc PG-36 (Gearpowermotor, 2021).

Spesifikasi	Keterangan
<i>Built-in</i>	<i>Planetary Gearbox PG36</i>
Tegangan kerja	DC 24V
Arus	5A
<i>Speed</i>	600 rpm
Torsi	10 kgfcm

2.10.7 Motor DC Power Window



Gambar 2. 19 Motor dc power window (Penulis, 2024).

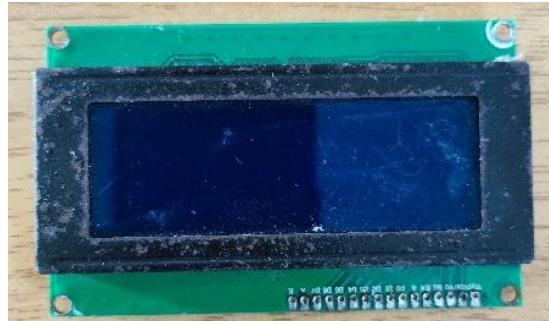
Penggerak dari *slider* tangan robot penjaga gawang pada penelitian ini menggunakan Motor DC *Power Window* seperti pada Gambar 2.19. Motor DC *Power Window* adalah Motor DC *brushed* mempunyai torsi besar yang pada penelitian ini digunakan untuk menggerakkan *slider* tangan robot penjaga gawang. Untuk spesifikasi Motor DC *Power Window* ini bisa dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Spesifikasi motor dc power window (Cytron, 2023).

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan kerja	DC 12V
Arus	15A
Speed	51 - 100 rpm
Torsi	20 - 30 kgfcm

2.10.8 LCD 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4 dipahami sebagai suatu bagian dari komponen yang sifatnya elektronika, dimiliki suatu fungsi yang berperan sebagai suatu penampil atau bagian dari pihak yang menampilkan karakter, terkait angka, dan huruf. Pada LCD 20x4 dapat menampilkan duapuluhan karakter mendatar (*columns*) dan empat karakter menurun (*rows*) seperti pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 LCD 20x4 (Penulis, 2024).

Pada penelitian ini LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan data-data robot. Seperti koordinat x, koordinat y, sudut robot, parameter jarak bola, arah prediksi, dan lain sebagainya.

2.10.9 Kamera *Omni-directional*

Kamera ini merupakan kamera utama pada robot sepak bola beroda. Tipe yang digunakan pada penelitian ini menggunakan ELP usb8mp02g-sfv digabungkan dengan cermin tele *Vstone* dengan tipe vs-c450mr seperti dalam Gambar 2.21. kamera juga sudah dilengkapi dengan cermin hiperbolik yang mana mampu memberikan kemampuan pengambilan citra 360 derajat pada posisi horizontal. Memiliki bidang pandang vertical sebesar 10-15 pada sisi atas dan 55 pada sisi bawah sumbu sejajar dengan cermin (Octavian et al., 2021).



Gambar 2. 21 Kamera *omni-directional* (Penulis, 2024).

Omnidirectional kamera memiliki beberapa bagian utama dalam strukturnya. Kamera ini terdiri dari cermin *omnidirectional*, tele adaptor lensa, dan kamera CCD. Keunggulan kamera jenis ini memiliki daya tangkap citra lebih luas

dibandingkan kamera konvensional pada umumnya. Sehingga cocok digunakan untuk sensor utama robot-robot yang membutuhkan deteksi suatu objek (Octavian et al., 2021).

2.10.10 Kamera Webcam C922

Pada proses pengolaha citra, perlu adanya sensor yang mensegmentasi atau menangkap citra yang berada disekitar yang nantinya akan diolah kedalam PC. Didalam penelitian tugas akhir ini, peneliti menggunakan dua buah kamera yaitu kamera *omnidirectional* 360 sebagai navigasi unutk segmentasi citra disekeliling robot dan kamera webcam logitech dengan tipe c922 seperti pada Gambar 2.22 sebagai navigasi unutk menangkap citra yang berada di depan robot.



Gambar 2. 22 Kamera *webcam* Logitech C922 (*Logitech*, 2023).

Berikut adalah beberapa alasan penggunaan *webcam* Logitech C922 (Logitech, 2023).

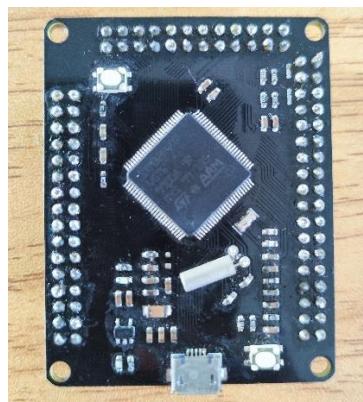
- Video HD terlihat jelas, jernih, dan mulus (1028p/30fps). Adanya fitur HD ini sangat dibutuhkan karena pada pengolahan citranya, resolusi menentukan besar kecilnya objek yang dideteksi.
- *Autofocus* cepat (hingga maksimal 7 cm dari lensa kamera). Dengan adanya fitur *autofocus*, pengolahan citra akan semakin mudah karena kamera dapat terfokus ke objek yaitu robot lawan, kawan, dan bola.
- Dilengkapi dengan koreksi cahaya HD, C922 berupaya melakukan penyempurnaan terkait keadaan pencahayaan untuk diperolehnya suatu gambar yang bersifat lebih terang dengan dimilikinya kualitas lebih baik. Dengan adanya fitur koreksi cahaya akan memudahkan dalam proses pengolahan citra.

2.11 Kontroler

Berikut merupakan kontroler yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini.

2.11.1 STM32F4 *DiyMore*

STM32F4 *DiyMore* merupakan salah satu jenis mini-system yang menggunakan basis *mikrocontroller* STM32F4VGT6. Mikrocontroller ini memiliki pin *input* atau *output* yang terbilang banyak yaitu 82 pin, serta mempunyai *clock speed* yang relatif tinggi sehingga dapat menampung banyaknya kebutuhan pin pada sistem robot. Dalam penelitian ini, STM32F4 *DiyMore* seperti pada Gambar 2.23 digunakan untuk menerima hasil pengolahan citra dari PC dan untuk pembacaan dari *rotary encoder* yang digunakan sebagai parameter untuk menggerakkan aktuator berupa motor (Darmawan, 2023). STM32F4 ini juga digunakan untuk pembacaan sensor *proximity*, serta menerima data dari Arduino Mega. Spesifikasi STM32F4 *Diymore* bisa dilihat pada Tabel 2.8.



Gambar 2. 23 STM32F4 *diymore* (Penulis, 2024).

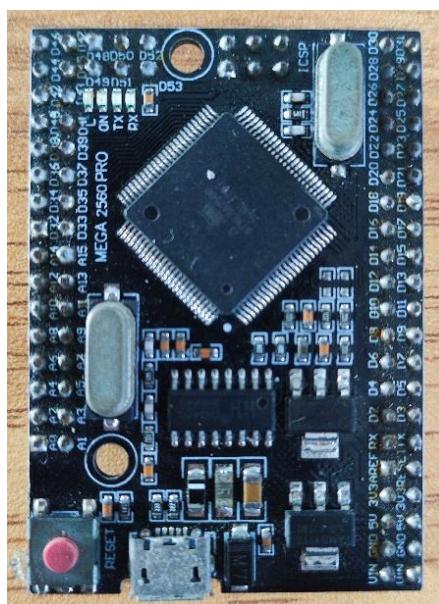
Tabel 2. 8 Spesifikasi STM32F4 diymore (Diymore, 2023).

Fitur	Spesifikasi
Ukuran	45mm x 60mm
<i>Core</i>	ARM Cortex-M4
Kecepatan	168Mhz
Flash	1024Kb
RAM Internal	192Kb
<i>Timer</i>	2 x WDG, RTC, 24-bit <i>down counter</i>
<i>Backup RAM</i>	4Kb
<i>Sources</i>	3.3V pin (3.3V) USB Connector 5V
Jumlah Pin	82 Pin I/O

Fitur	Spesifikasi
	16 Bit ADC 12 ADC

2.11.2 Arduino Mega 2560 Pro Mini

Arduino Mega 2560 *Pro Mini* adalah sebuah *mini-system* yang berbasis mikrokontroller ATmega 2560. Arduino 2560 *Pro Mini* Seperti Gambar 2.25 memiliki pin *input* atau *output* yang banyak yaitu 54 pin. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan kristal 16MHz. Keuntungan dari Arduino ini adalah menggunakan kabel *micro USB* yang digunakan untuk disambungkan ke komputer. Dalam penelitian ini Arduino Mega 2560 *Pro Mini* digunakan untuk pembacaan *gyroscope*, menggerakkan pengiring bola, dan menggerakkan *slider* tangan robot (Darmawan, 2023). Spesifikasi Arduino Mega 2560 Pro Mini dapat dilihat pada Tabel 2.9.



Gambar 2. 24 Arduino mega 2560 pro mini (Peulis, 2024).

Tabel 2. 9 Spesifikasi arduino mega 2560 pro mini (Robotdyn, 2023).

Spesifikasi	Keterangan
<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	5.5-16V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (<i>of which 14 provide PWM output</i>)
Spesifikasi	Keterangan
<i>Analog Input Pins</i>	16 (Pin)
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB <i>of which 8 KB used by bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
CLOCK SPEED	16 MH

2.11.3 Laptop

Laptop merupakan perangkat elektronik yang memiliki fungsi sama seperti komputer desktop yang berukuran kecil dan ringan serta dapat dibawa ke mana saja. Laptop memiliki banyak sekali spesifikasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan penggunanya. Pada Tugas Akhir ini, peneliti menggunakan laptop seperti pada Gambar 2.26 untuk pengolahan citra dari kamera dengan koneksi USB. Data hasil pengolahan citra akan dikirim ke mikrocontroller STM32F4 *DiyMore* melalui komunikasi serial.



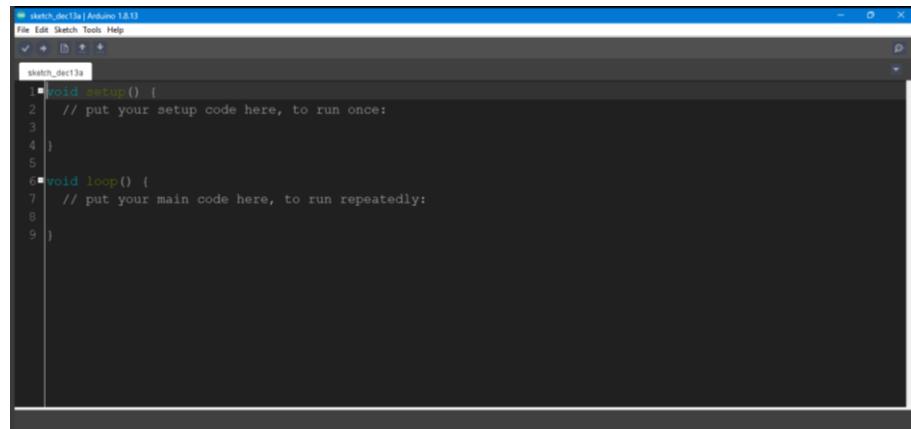
Gambar 2. 25 Laptop (Penulis, 2024).

2.12 *Software*

Ada kajian tugas akhir ini, mengkaji berupaya mengaplikasikan beberapa perangkat lunak yang memberikan dukungan yang atau yang dapat berperan sebagai pendukung yakni seperti Arduino IDE, STM32CubeMX, Keil uVision, dan Visual Studio Code, seperti yang akan dijelaskan sebagai berikut :

2.12.1 Arduino IDE

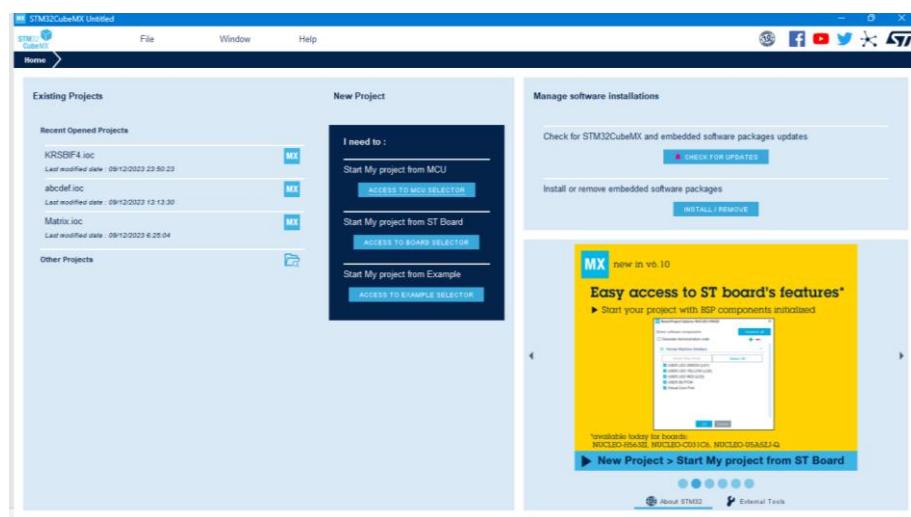
Arduino IDE atau Arduino *Integrated Development Environment* adalah perangkat lunak *cross-platform* yang digunakan untuk menulis dan mengunduh program ke platform Arduino dengan bahasa C/C++. Arduino memiliki kepopuleran yang sangat tinggi di dunia kontrol karena sistem *open-source* yang dibangun sehingga muncul komunitas-komunitas pengguna Arduino. Arduino IDE memiliki fungsi utama yaitu sebagai *text editor* untuk membuat program, memvalidasi program, dan untuk mengunduh program ke platform Arduino. Pada Tugas Akhir ini software Arduino IDE di aplikasikan untuk melakukan pembuatan terkait alogaritma pemrograman hal ini merupakan upaya untuk melakukan pembacaan sensor terkait *gyroscope* dan juga penendang bola pada robot (Darmawan, 2023).



Gambar 2. 26 Software arduino IDE (Penulis, 2024).

2.12.2 STM32CubeMX

STM32CubeMX adalah perangkat lunak berbasis *graphical tool* yang berfungsi untuk memudahkan dalam mengonfigurasi mikrokontroller dan *mikroprocessor* STM32. Di dalam STM32CubeMX pengguna dapat mengatur GPIO dan juga *clock speed* yang dikehendaki pada mikrokontroller yang akan digunakan. Selain mengatur mikrokontroller, perangkat lunak ini juga dapat membangun sistem yang telah diatur sehingga dapat diteruskan ke perangkat lunak digunakan untuk pembuatan program yang sudah d'integrasi seperti Keil uVision. Pada Tugas Akhir ini software STM32CubeMX digunakan untuk mengatur semua pin yang ada pada STM32F4 *DiyMore* sesuai dengan fungsinya (Darmawan, 2023).

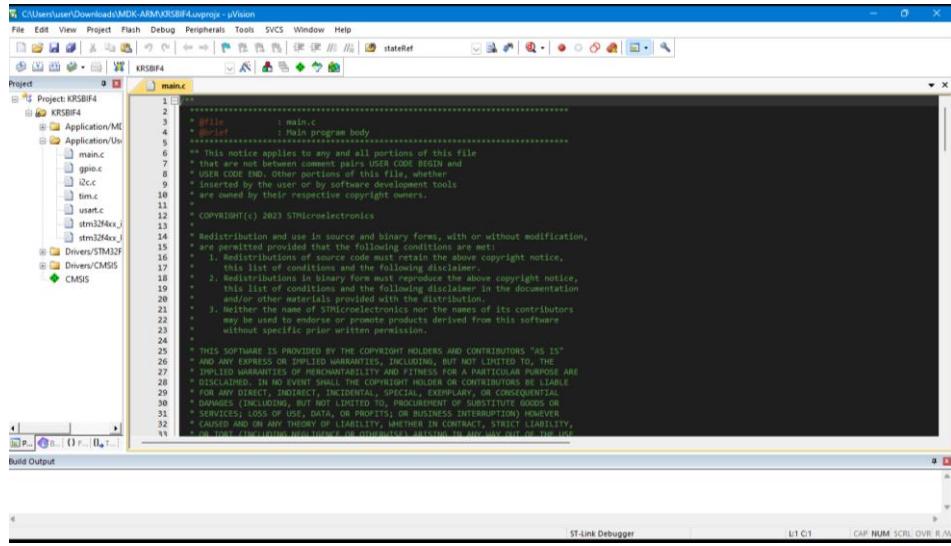


Gambar 2. 27 Software STM32CubeMX (Penulis, 2024).

2.12.3 Keil uVision

Keil uVision atau biasa disebut Keil *MicroVision* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat, membangun, dan men-*debug* mikrokontroller

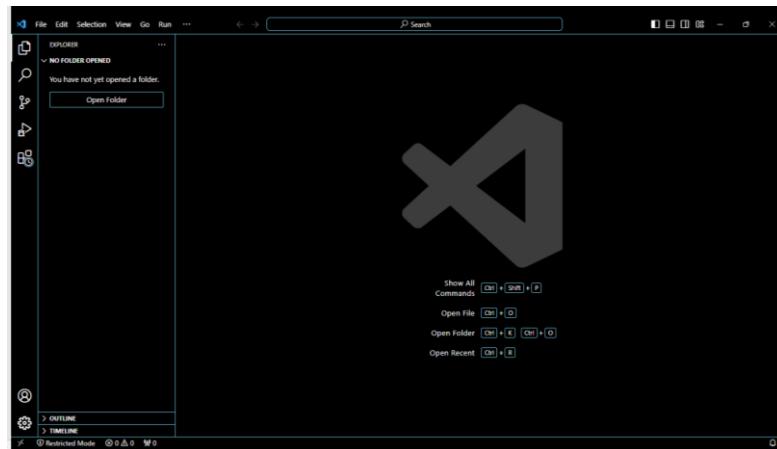
yang berbasis Arm®. Perangkat lunak ini mengkombinasikan pengelolaan proyek, lingkungan *runtime*, fasilitas pembangunan, pengeditan *source code*, dan *debugging* program. Bahasa pemrograman yang digunakan pada perangkat lunak ini adalah C/C++. Pada Tugas Akhir ini *software* Keil uVision digunakan untuk membuat algoritma pemrograman untuk kinematika gerak robot dan mengolah data yang diterima dari laptop (Darmawan, 2023).



Gambar 2. 28 Software Keil uVision (Penulis, 2024).

2.12.4 *Visual Studio Code*

Visual studio code merupakan kode editor yang ringan namun kuat yang berbasis *Windows, macOS, dan Linux*. Dalam penggunaannya perangkat lunak ini mendukung *JavaScript, TypeScript, dan Node.js* serta lebih banyak varian lingkungan tambahan untuk bahasa pemrograman lainnya seperti *C++, C#, Java, Python, PHP, Go*, dan runtime seperti *.NET* dan *Unity*. Kemudahan yang ditawarkan yaitu mampu bekerja dengan *Git* dan penyedia SCM lainnya. Editor ini juga didukung *Microsoft Azure* dimana mampu menyebarkan dan *hosting* situs ataupun penyimpanan dengan dukungan *React, Angular, Vue, Node, Python*, dan lebih (Visual Studio, 2020). Pada Tugas Akhir ini *Visual Studio Code* digunakan sebagai text editor untuk membuat program pengolahan citra dengan menggunakan Bahasa pemrograman *C++*, dan *Python* (Darmawan, 2023).



Gambar 2. 29 Software visual studio code (Penulis, 2024).

2.12.5 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang menggunakan *interpreter* untuk menjalankan kode programnya. *Interpreter* tersebut dapat menerjemahkan kode secara langsung, dan *Python* dapat dijalankan di berbagai *platform* seperti *Windows*, *Linux*, dan lain-lain. *Python* mengadopsi paradigma pemrograman dari beberapa bahasa lain, termasuk paradigma pemrograman prosedural seperti bahasa C, pemrograman berorientasi objek seperti Java, dan bahasa fungsional seperti Lisp. Kombinasi paradigma ini memudahkan para programmer dalam mengembangkan berbagai proyek menggunakan *Python* (Rahman et al., 2023).



Gambar 2. 30 Logo Python (Python, 2023).

Banyak programmer dan peneliti beralih ke penggunaan bahasa pemrograman Python. Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti pengembangan aplikasi web, aplikasi desktop, IoT, dan berbagai aplikasi lainnya. Python juga memiliki integrasi dengan sistem database dan mampu membaca serta mengubah file, sehingga sering digunakan untuk prototyping atau pengembangan perangkat lunak dengan cepat dan reliabel. Selain itu, Python juga digunakan secara luas oleh para peneliti karena

kemampuannya dalam menangani data besar dan perhitungan matematika yang kompleks (Rahman et al., 2023).

Ada beberapa alasan mengapa Python menjadi pilihan utama, yaitu:

1. Python dapat berjalan di berbagai platform seperti Windows, Linux, macOS, Android, Raspberry Pi, dan lain-lain.
2. Python memiliki sintaks yang sederhana dan mirip dengan bahasa Inggris.
3. Sintaks Python memungkinkan penulisan kode yang lebih ringkas dibandingkan dengan bahasa pemrograman lain.
4. Python menggunakan interpreter, sehingga program dapat dieksekusi dengan cepat setelah selesai dibuat.
5. Python mendukung paradigma pemrograman prosedural, berorientasi objek, dan fungsional.

2.12.6 Pytorch

Untuk melakukan komputasi *Deep Learning*, Pytorch adalah salah satu library bahasa pemrograman Python yang berfokus pada fleksibilitas dan membuat model *Deep Learning* dapat dikomunikasikan dalam sintaks bahasa pemrograman Python. *Library* ini telah digunakan oleh komunitas peneliti karena pendekatan dan kemudahan penggunaan ini. Dalam beberapa tahun sejak dirilis, *library* ini telah berkembang menjadi alat paling populer untuk pengolahan pembelajaran mendalam yang digunakan secara luas (Hendri; Hoki, Leony; Augusman, Veirry; Aryanto, 2021).



Gambar 2. 31 Logo Pytorch (Pytorch, 2023).

Tensor, struktur data inti yang diberikan Pytorch, adalah *array multidimensional* yang mirip dengan *array* yang tersedia di *library NumPy*. Oleh karena itu, banyak fitur dibuat untuk membantu dalam desain dan pelatihan arsitektur *Neural Network* yang baru dibuat atau untuk mempercepat proses pembuatan dan pelaksanaan proyek. Dengan asumsi perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan adalah teknologi terbaru, *Tensor* dapat mengakselerasi

operasi matematika. Pytorch memiliki alat untuk melakukan pelatihan secara terpisah (*distributed training*), proses pekerja (*worker process*, untuk menggunakan beberapa sumber daya pada satu mesin), dan sumber daya tambahan untuk fungsi *Deep Learning* umumnya (Hendri; Hoki, Leony; Augusman, Veirry; Aryanto, 2021).

Apabila diaplikasikannya secara parsial atau secara bersamaan dengan *library Torchvision*, Pytorch dapat melakukan komputasi *Deep Learning* terhadap objek digital yakni mencakup atau seperti gambar yang bersifat dua dimensi dan juga terdapat video yang sifatnya tiga dimensi. Satu dari beberapa teknik yang diketahui memiliki kepopuleran atau paling populer dimanfaatkan atau diaplikasikan yakni *Cortical Neurons* untuk menganalisis citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN), yang memanfaatkan *Cortical Neurons*. *Torchvision* memanfaatkan arsitektur CNN untuk pemodelan. Di antaranya adalah *MNASNet*, *AlexNet*, *VGG*, *ResNet*, *SqueezeNet*, *DenseNet*, *Inception v3*, *GoogLeNet*, *ShuffleNet v2*, *MobileNet v2*, *ResNext*, dan *Wide ResNet* (Hendri; Hoki, Leony; Augusman, Veirry; Aryanto, 2021).

2.12.7 *Robot Operating System (ROS)*

Robot Operating System (ROS) sebagai suatu sistem yang dioperasikan dengan memiliki basis Linux yang secara khusus dibuat untuk robot yang berada pada kategori mobile. ROS memungkinkan pengembang robot untuk membuat, mengembangkan, dan menjaga sistem robotik yang kompleks.

ROS terdiri dari sekumpulan node yang masing-masing adalah sebuah program yang bertanggung jawab atas suatu fungsi tertentu. ROS Master adalah bus pesan yang memungkinkan node-node berkomunikasi satu sama lain. Dengan demikian, ROS memungkinkan pengembang untuk mengembangkan sistem robotik yang terdiri dari berbagai komponen yang saling terhubung (Jalil, 2023).



Gambar 2. 32 Logo ROS (ROS, 2023).

Selain itu, ROS menawarkan berbagai alat visualisasi yang memungkinkan pengembang memantau dan menganalisis sistem robotik yang sedang berjalan. ROS juga dapat digunakan untuk berbagai jenis robot, mulai dari robot mobile hingga robot manipulator, dan dapat berjalan pada berbagai sistem operasi, seperti Linux, Windows, dan macOS (Wibowo, Sastya Hendri; Musa, Purnawarman; Artiyasa, Marina; Dewadi, Fathan Mubina; Nggego, 2023).

Dalam penelitian kali ini ROS yang akan digunakan ialah ROS “*Melodic Morenia*”, merupakan salah satu distro ROS versi LTS yang men-support sistem hingga lima tahun yaitu dari tahun 2018 hingga tahun 2023, serta telah memiliki banyak dukungan perangkat lunak robot yang telah dikembangkan oleh komunitas ROS (Jalil, 2023).

2.12.8 *Compute Unified Device Architecture) CUDA*

Compute Unified Device Architecture (CUDA), model antarmuka pemrograman aplikasi dan platform komputasi paralel yang dikembangkan oleh Nvidia, memungkinkan teknik yang dikenal sebagai GPGPU, yang diketahui menghadirkan suatu kemungkinan pihak insinyur dan juga pihak yang berperan sebagai pengembang terkait perangkat lunak memanfaatkan unit upaya pemrosesan dari grafis tersebut dengan memperoleh dukungan dari model pemrograman aplikasi yang telah dijelaskan hal tersebut merupakan upaya untuk melakukan pemrosesan terhadap tujuan yang telah dirumuskan secara umum atau komputasi tujuan secara umum pada unit pemrosesan grafis dalam upaya untuk melakukan eksekusi secara kolaboratif (Normalisa et al., 2022).



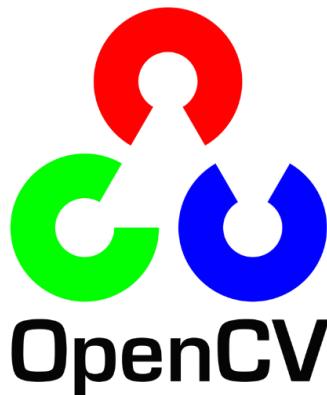
Gambar 2. 33 Logo NVIDIA CUDA (Nvidia, 2023).

CUDA, model antarmuka pemrograman aplikasi dan platform komputasi paralel yang dikembangkan oleh Nvidia, memungkinkan pengembang perangkat lunak untuk melakukan berbagai proses grafik yang diaktifkan oleh CUDA. Misalnya, model CUDA dapat digunakan untuk mengalokasikan memori pada

perangkat dengan sebelas tujuan, dan model CUDA lainnya dapat digunakan untuk memproses Berdasarkan informasi tersebut, peneliti menggunakan CUDA untuk membantu proses kerja python dalam memproses grafik yang terdapat pada gambar (Normalisa et al., 2022).

2.12.9 *Open Computer Vision*

Open Computer Vision (OpenCV) dipahami sebagai suatu model yang berkaitan dengan pengolahan terkait Citra untuk diproduksinya atau dibuat dan di rumah melakukan pengubahan, serta melakukan modifikasi terhadap suatu Citra secara digital agar dapat dimanfaatkan dalam dunia pemrograman seperti melakukan deteksi terhadap objek dan. Visi komputer sendiri diketahui merupakan cabang ilmu dari *image Processing* yang menghasilkan kemungkinan pada komputer dapat meninjau atau melihat seperti penglihatan makhluk hidup atau manusia (Romadloni, 2023).



Gambar 2. 34 Logo OpenCV (Romadloni, 2023).

OpenCV merupakan *library open source* yang dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi dan bahasa pemrograman seperti Windows, Linux, Mac OS, Android, Python, Java, dan C/C++. Dengan *library OpenCV* komputer akan mampu mengekstrak informasi yang ada di dalam gambar maupun video sehingga komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali suatu objek (Romadloni, 2023).

2.12.10 *Google Colaboratory (Colab)*

Untuk kebutuhan *machine learning*, *Google Colaboratory (Colab)* adalah layanan *cloud* gratis yang menggunakan *notebook Jupyter*. Keuntungan utama Colab adalah kemampuan untuk memberikan akses gratis ke GPU dan TPU. Ini

membuatnya ideal untuk melatih model *neural network* yang membutuhkan komputasi tinggi seperti YOLOv5. Untuk memulai melatih YOLOv5 di Colab, pertama-tama Anda harus membuat akun Google, dan kemudian Anda harus membuat *notebook* baru di Colab (Alfath Daryl Alhajir et al., 2021).



Gambar 2. 35 Logo Google Colab (Colabgoogle, 2023).

Setelah itu, *import library* Python yang diperlukan, dan *clone* atau download repositori resmi YOLOv5 ke *runtime* Colab yang sedang aktif. Agar dataset latihan dapat diakses selama pelatihan, dataset harus diupload ke *Google Drive* dan dimount drive ke *runtime*. Kemudian, file *train.py* dan *data.yaml* diubah untuk menyesuaikan lokasi dataset dan *hyperparameter* model. Untuk memulai pelatihan model, jalankan skrip *train.py*. Untuk akselerasi, proses pelatihan akan menggunakan virtual GPU/TPU gratis dari Colab. Tunggu hingga pelatihan selesai dan model YOLOv5 terlatih tersimpan otomatis di *Google Drive*. Model ini siap digunakan untuk inferensi dan deteksi objek pada gambar dan video dengan skrip *detect.py*. Dengan Colab, kami dapat melatih model YOLOv5 secara gratis tanpa menggunakan GPU *local* (Alfath Daryl Alhajir et al., 2021).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, terkait langkah-langkah pengkajian atau terkait alur yang dimanfaatkan dalam upaya pengkajian sebagai upaya untuk dilaksanakannya tugas akhir akan dilakukan pembahasan dan, termasuk pada identifikasi terhadap masalah, upaya analisis terkait kebutuhan sistem teknik perancangan terhadap sistem, perancangan terkait data pembuatan perangkat keras, serta perancangan dan juga upaya pembuatan perangkat lunak, Analisis terhadap data dengan upaya diskusi.

3.1 Konsep Penelitian

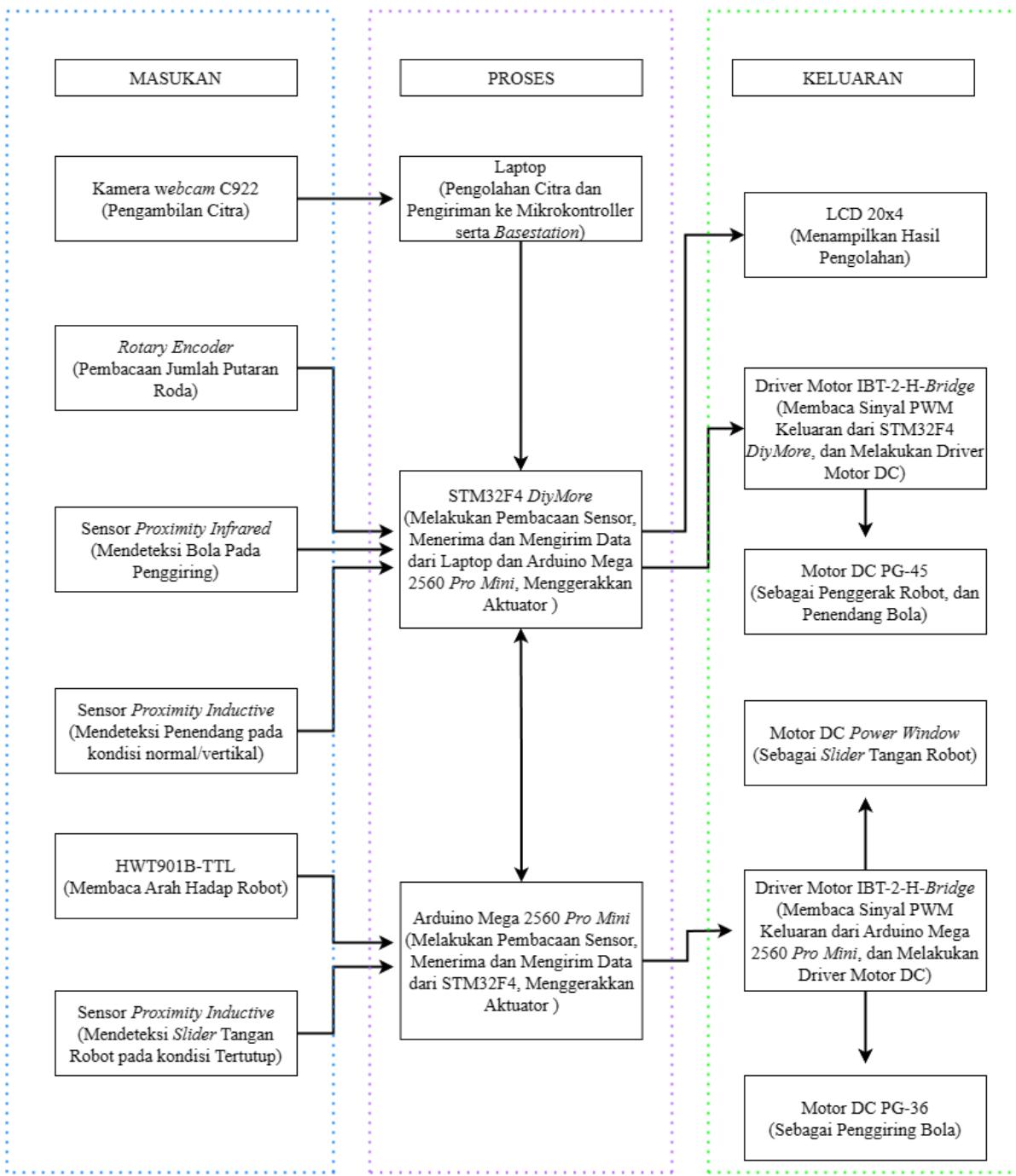
Dalam penelitian Tugas Akhir ini, peneliti merancang sistem yang akan dilakukan dengan merinci struktur perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Langkah-langkahnya dimulai dari penyusunan diagram blok sistem, algoritma sistem pendekripsi bola, algoritma *trigonometry technique*, dan algoritma sistem prediksi arah halau bola dengan *robot operating system*.

3.1.1 Diagram Blok Sistem

Seperti pada Gambar 3.1 dibawah merupakan gambaran diagram proses bagaimana sistem berjalan dalam penelitian ini. Dalam diagram tersebut sistem terbagi atas masukan, proses, dan keluaran. Pada masukan terdapat Kamera *webcam* C922, HWT901B-TTL, *proximity*, *rotary encoder* sebagai sensor utama pada robot untuk penelitian ini. *Rotary encoder* berfungsi sebagai pengukur perpindahan robot dengan memanfaatkan jumlah putaran roda omni yang terpasang pada *shaft sensor*, sensor HWT901B-TTL sebagai pengukur sudut orientasi robot, sensor *proximity* sebagai pendekripsi bola, dan tiang gawang pada robot dan kamera *webcam* yang berfungsi untuk mengambil gambar diteruskan menuju laptop untuk dilakukan pengolahan citra sehingga dapat mendekripsi lokasi bola.

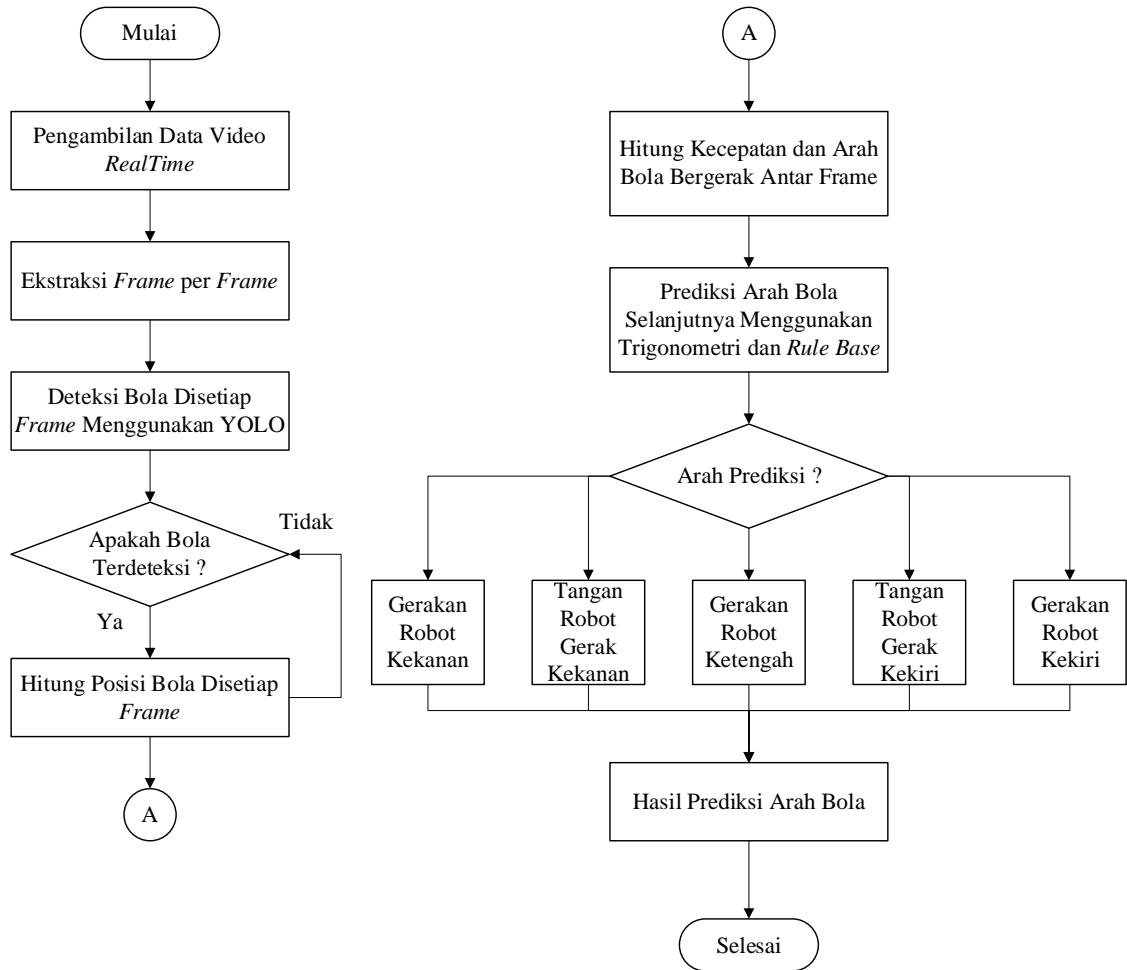
Proses pengolahan data HWT901B-TTL dilakukan oleh Arduino Mega *Pro Mini* yang kemudian datanya dikirim ke STM32F4 dengan tujuan agar pembacaan sensor HWT901B-TTL cepat dan akurat. Sensor *rotary encoder* akan diproses oleh STM32F4 dengan menggunakan fitur *timer* di tiap-tiap *channel* yang tersedia. Kemudian data-data sensor akan diolah di STM32F4 dengan menerapkan metode *gyrodometry* dalam memetakan posisi robot. Sedangkan sensor *proximity*

digunakan untuk mendeteksi bola yang berada pada penggiring bola ketika robot mendapatkan bola, dan mendeteksi mistar gawang ketika robot berada didekat mistar gawang. Kemudian selain sebagai pengolahan citra, laptop juga berfungsi untuk proses pengiriman dan penerimaan data dari STM32F4 melalui *robot operating system*. Komunikasi laptop dengan STM32F4 menggunakan protokol komunikasi *robot operating system*. Data yang diterima dari pengolahan citra menggunakan metode YOLO V5 akan diproses menggunakan perhitungan *trigonometry technique* untuk mendeteksi arah datang bola. Data hasil perhitungan *trigonometry technique* tersebut akan dikirim kembali ke laptop yang berada pada robot yang selanjutnya akan diteruskan menuju STM32F4. Data hasil pengolahan STM32F4 kemudian akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan digunakan untuk memprediksi arah datang bola, menggunakan aktuator motor PG-45 sebagai penggerak dan penendang robot, motor power window sebagai *slider* tangan robot dan motor PG-36 sebagai penggiring, melalui driver motor IBT-2-H-Bridge.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem (Penulis, 2024)

3.1.2 Flowchart Alur Kerja Sistem



Gambar 3. 2 Flowchart Alur Kerja Sistem (Penulis, 2024)

Prinsip operasional Tugas Akhir ini dijelaskan dalam diagram alir, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2

1. Ambil data video pertandingan sebagai input sistem
2. Lakukan ekstraksi frame per frame dari video pertandingan yang diinputkan
3. Lakukan deteksi bola pada setiap frame menggunakan model YOLO v5 yang sudah terlatih. YOLO v5 akan mendeteksi posisi bola dan memberikan koordinat bounding box pada setiap frame.
4. Cek apakah bola berhasil terdeteksi di frame tersebut. Jika ya, lanjut ke langkah 5. Jika tidak, ulangi deteksi untuk frame selanjutnya.
5. Hitung posisi bola (x,y) pada frame berdasarkan hasil deteksi YOLO v5.
6. Bandingkan posisi bola antar frame, hitung perpindahan (ΔX , ΔY) dan kecepatan bola.

7. Gunakan data posisi dan kecepatan bola untuk memprediksi arah pergerakan bola selanjutnya menggunakan trigonometri.
8. Cek arah prediksi bola, apakah ke kanan, kiri atau tengah.
9. Sesuaikan pergerakan robot dengan arah prediksi bola:
 - ✓ Kanan: gerakkan robot ke kanan
 - ✓ Kiri: gerakkan robot ke kiri
 - ✓ Tengah: gerakkan robot ke tengah

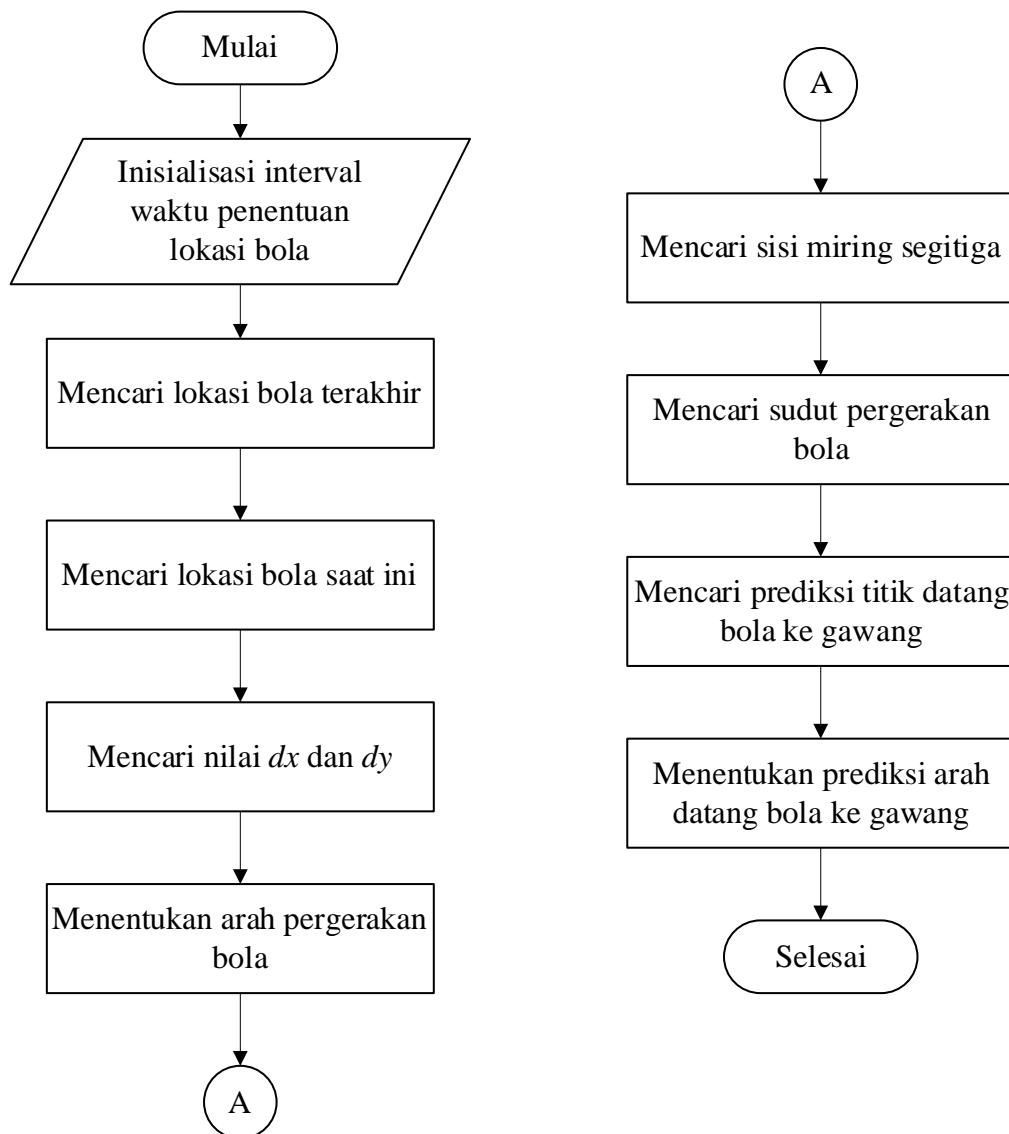
10. Tampilkan hasil prediksi arah bola bersamaan pada video pertandingan.

Dengan begini robot dapat bergerak secara otomatis mengikuti arah datangnya bola sesuai prediksi dari sistem.

3.1.3 Algoritma *Trigonometry Technique*

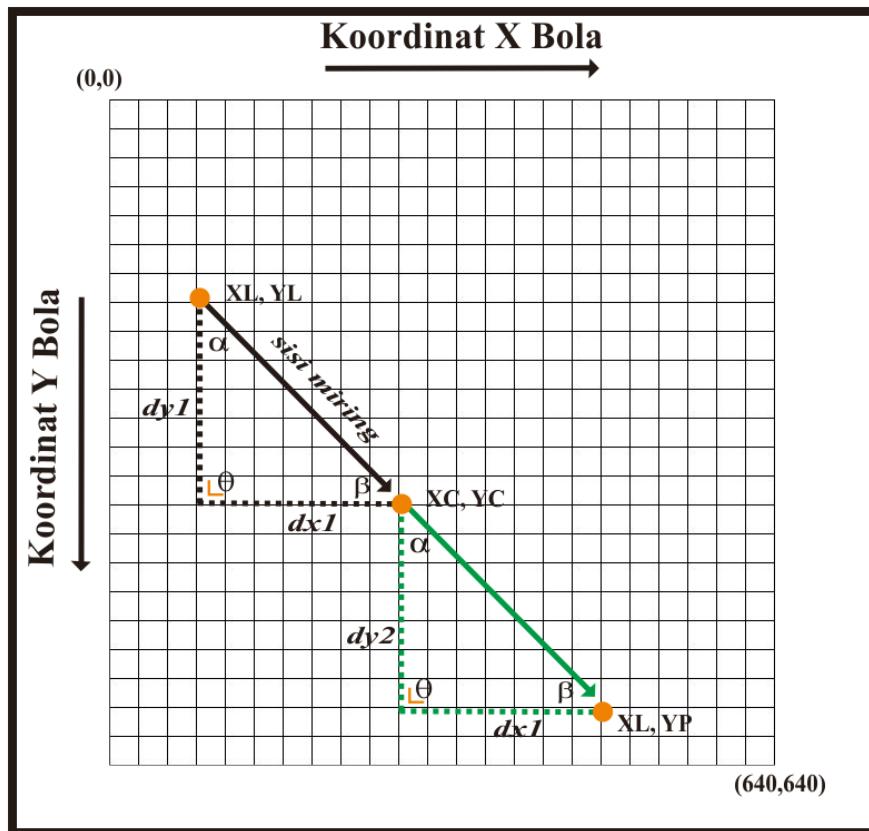
Pada Gambar 3.3 menyajikan suatu gambaran terkait diagram alir algoritma ya kni trigonometri teknik atau teknik trigonometri. Hal tersebut diketahui diawali dengan upaya inisialisasi secara interval terhadap waktu Hal ini sebagai usaha untuk ditemukannya suatu lokasi dari bola. Kemudian dilakukan upaya pencarian bola terakhir dan bola yang saat ini pada suatu frame lalu dilanjutkan. Terkait nilai interval inisialisasi dicari selama proses untuk ditentukannya jarak waktu antar dua lokasi. Nilai dari dx dan dy sebagai suatu jarak dari lokasi antara lokasi bola pada posisi terakhir dan saat ini pada tiap sumbu yang hadir.

Dengan menggunakan delapan pengkondisian arah sesuai Gambar 2.11, nilai dx dan dy dapat digunakan untuk menentukan arah pergerakan bola. Dari nilai dx dan dy terbentuk bangun segitiga siku-siku, dan dengan menggunakan *theorema phytagoras*, panjang sisi miring segitiga dapat dicari.



Gambar 3. 3 Flowchart Algoritma *Trigonometry Technique* (Penulis, 2024)

Kemudian gunakan persamaan trigonometri untuk menemukan sudut pergerakan bola yang terbentuk. Ditarik menuju koordinat y tertinggi pada frame, koordinat x bola berikutnya dapat ditemukan dari sudut segitiga yang terbentuk. Nilai prediksi titik datang bola akan diwakili oleh koordinat x bola ini. Prediksi arah datang bola terhadap robot dapat dihitung berdasarkan nilai prediksi titik datang bola. Gambar 3.4 menunjukkan algortima trigonometri technique yang telah dibuat.



Gambar 3. 4 Ilustrasi Proses Prediksi Arah Datang Bola (Penulis, 2024)

Berikut disajikan berbagai contoh perhitungan pada logaritma dengan konsep dari teknik alogaritma yang telah dilakukan pembuatan atau terlihat konsep yang telah dipaparkan sebelumnya mengenai teknik alogaritma:

Diketahui :	$XL = 10$	$YL = 15$
	$XC = 25$	$YC = 45$
	$Xmax = 640$	$Ymax = 640$

Ditanya : Titik datang bola (XP) dan arah tendangan lawan?

Jawab :	$dx_1 = XC - XL$
	$= 25 - 10$
	$= 15 \text{ piksel}$

$dy_1 = YC - YL$
$= 45 - 15$
$= 30 \text{ piksel}$

Sisi miring	$= \sqrt{dx_1^2 + dy_1^2}$
	$= \sqrt{15^2 + 30^2}$

$$\begin{aligned}
&= 33,54 \text{ piksel} \\
\alpha &= \arcsin(dx_1/s_1) \\
&= \arcsin(15/33,54) \\
&= 26,57^\circ \\
\beta &= \arcsin(dy_1/s_1) \\
&= \arcsin(30/33,54) \\
&= 63,44^\circ \\
dy_2 &= Y_{\max} - Y_C \\
&= 640 - 45 \\
&= 595 \text{ piksel} \\
dx_2 &= dy_2 / \sin(\beta) \times \sin(\alpha) \\
&= 595 / 0,6 \times 0,8 \\
&= 793,3 \text{ piksel} \\
&= 793 \text{ piksel} \\
XP &= XC + dx_2 \\
&= 25 + 793 \\
&= 818 \\
\text{Titik tengah } frame \text{ di sumbu } X &= X_{\max}/2 \\
&= 640/2 \\
&= 320
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari prediksi titik datang bola dapat digunakan untuk melakukan estimasi arah tendangan lawan sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan sebagai berikut.

1. Apabila terjadi titik datang dari bola atau secara istilah disingkat dengan XP diketahui memiliki nilai yang berada posisi lebih besar dari nilai titik di wilayah Tengah frame dan terhadap pada sumbu x atau titik tengah dari robot maka terlihat arah tendangan sendiri diketahui ke wilayah kanan.
2. Apabila terkait titik datang bola sendiri atau secara istilah disingkat dengan XP memiliki nilai yang sama atau posisi sama pada nilai dari titik di wilayah Tengah frame terhadap sumbu x atau titik tengah dari robot maka terkait arah tendangan sendiri berada di wilayah tengah atau ke tengah.

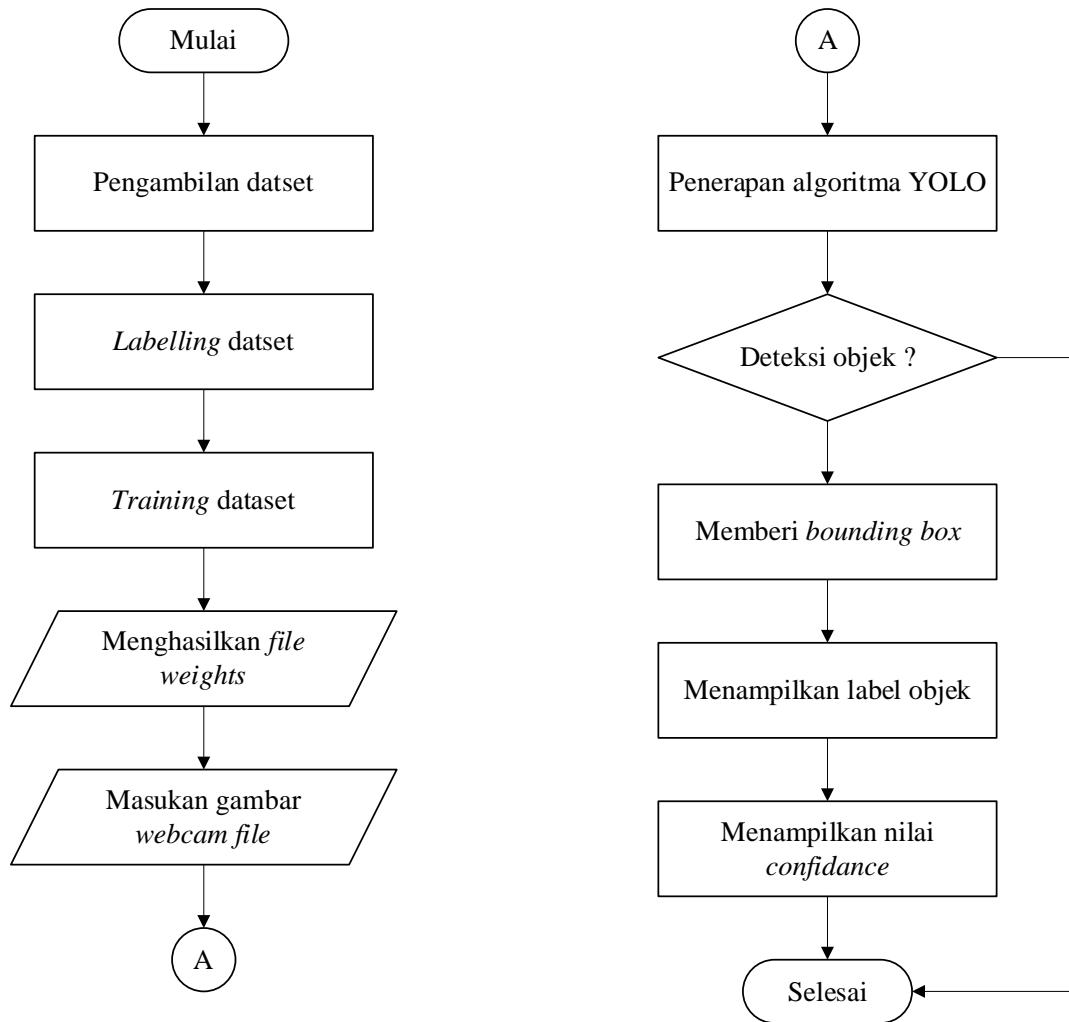
3. Apabila terjadi datang bola yang secara istilah disingkat dengan XP memiliki nilai di wilayah lebih kecil dari nilai dari titik tengah frame terhadap sumbu x titik tengah dari robot maka dari arah tendangan sendiri berada ke wilayah atau condong ke wilayah kiri.

Sehingga dengan melihat syarat kondisi yang telah ditemukan tersebut maka pada hasil contoh perhitungan diatas dapat diperoleh bahwa arah tendangan ke kanan.

3.1.4 Sistem Deteksi Objek

Gambar 3.5 menunjukkan *flowchart* yang menggambarkan bagaimana metode *Darknet YOLO* ini digunakan. Pertama, dataset dikumpulkan. Ini dilakukan dengan memasukkan kamera *webcam* ke dalam prototipe robot dan menggunakan program Python untuk mengambil setiap *frame* foto atau gambar. Kemudian, setiap *frame* gambar dari dataset yang telah dikumpulkan dilabelkan, yang dilakukan menggunakan kode Python. *Labeling* dataset, atau anotasi, baju kami sebagai suatu proses ditambahnya suatu informasi terhadap objek yakni seperti bola. Pada tiap gambar sendiri yang terdapat pada wilayah dataset diketahui juga akan dilakukan pemberian laut bersatu bersatu untuk diperolehnya suatu koordinat terkait kotak pembatas yang menyesuaikan pada kotak pembatas yang berada pada wilayah beberapa gambar atau ditemukan pada beberapa gambar yang telah dilakukan pengambilan dengan dimilikinya fungsi sebagai data set gambar.

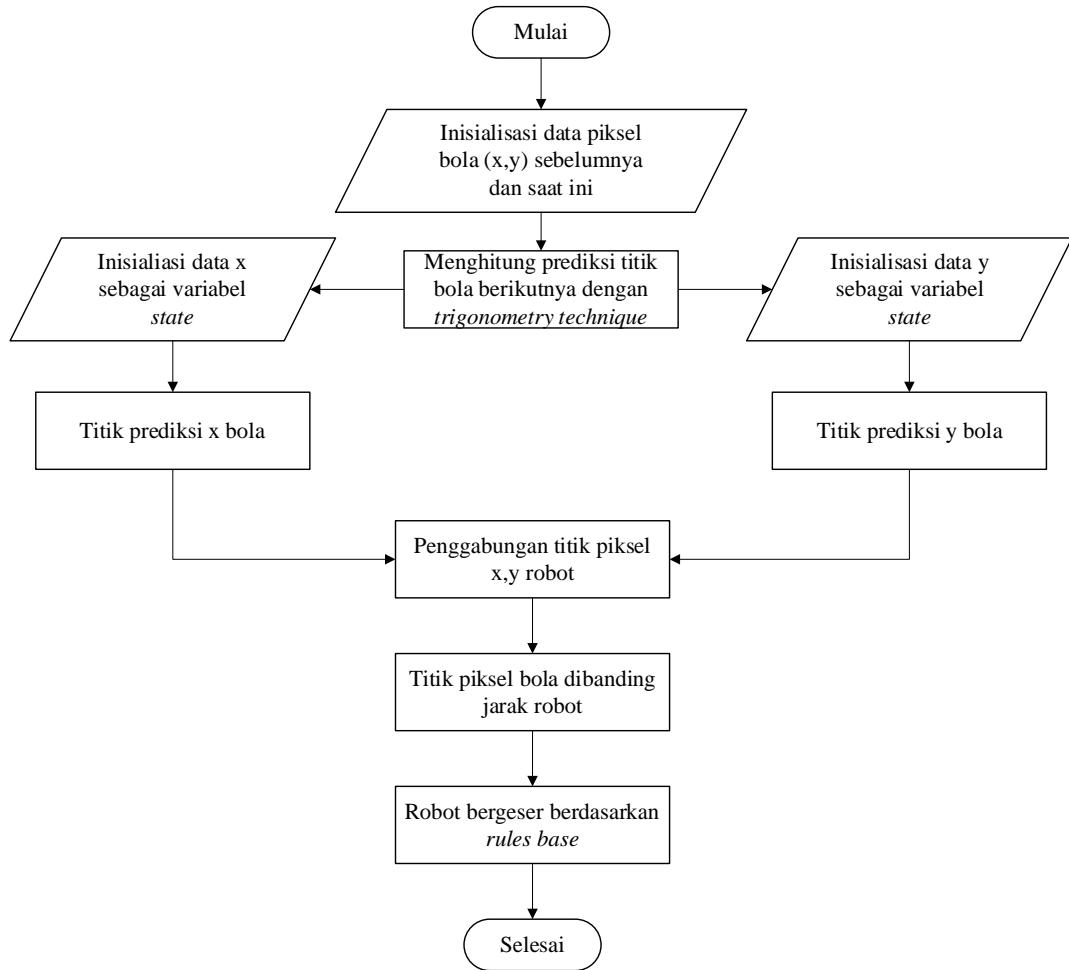
Dataset juga dilatih untuk membentuk pola bobot. Seseorang akan menemukan objek dalam foto dengan menggunakan bobot ini. Dalam pelatihan, metode YOLO (*You Only Look Once*), yang merupakan pendekatan pembelajaran mendalam berbasis CNN yang berfungsi dengan struktur *Darknet*, akan digunakan. Versi konfigurasi YOLO YOLOv5 akan digunakan, dan *Google Colaboratory* akan digunakan. Lapisan *convolutional* akan menggunakan bobot *convolutional* yang telah dilatih sebelumnya di *Imagenet*, menggunakan model *darknet53*. Alat *Google Colaboratory*, yang memanfaatkan pembelajaran mesin untuk pengolahan data, baru-baru ini dikembangkan oleh internal penelitian Google. File bobot dibuat setelah dataset dilatih. File ini akan diupayakan untuk dimanfaatkan pada tahap upaya pengujian terhadap sistem yang berperan sebagai deteksi ini akan digunakan pada tahap pengujian sistem deteksi objek.



Gambar 3. 5 Flowchart Sistem Deteksi Objek (Penulis, 2024)

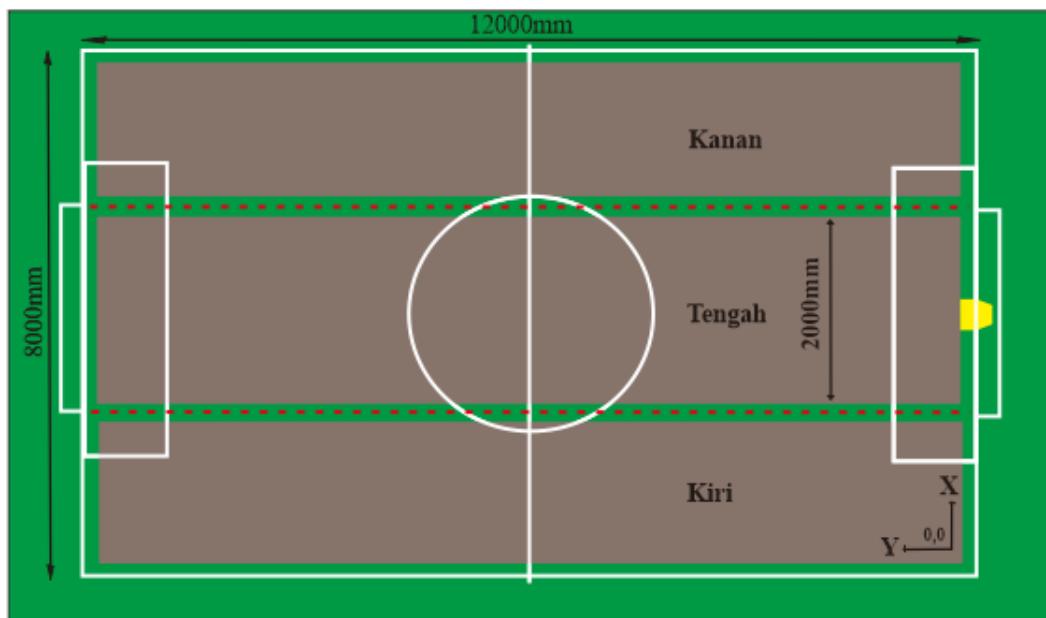
3.1.5 Alur Sistem Pergerakan Robot Kiper Menghalau Bola

Tahap pertama dilakukan inisialisasi data piksel bola saat ini dan data piksel pada *frame* sebelumnya. Kemudian dilakukan prediksi arah datang bola berdasarkan posisi robot kiper. Hasil perhitungan *trigonometry technique* inilah yang akan digunakan untuk acuan dalam pergerakan robot kiper menghalau bola. Pada Gambar 3.6 merupakan diagram alir untuk proses menghalau bola yang dilakukan robot kiper.

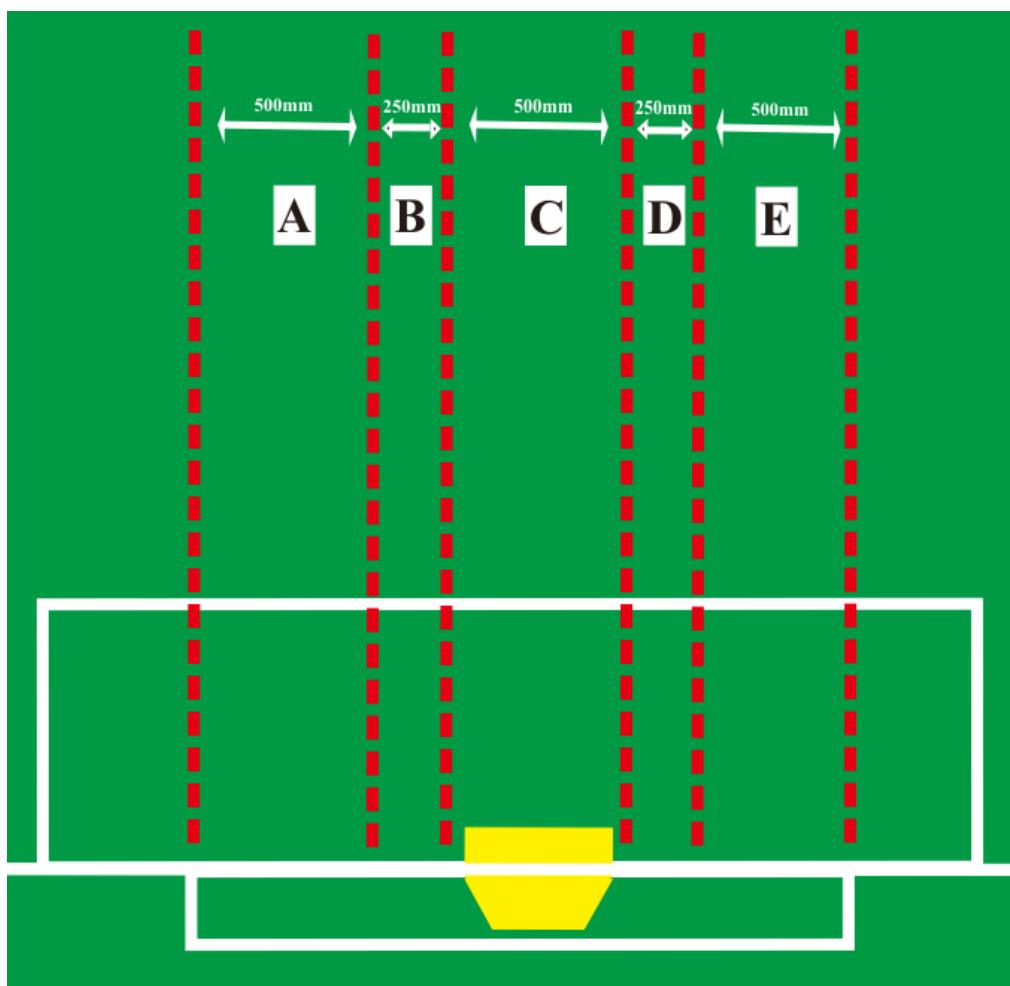


Gambar 3. 6 Diagram Alir Sistem Pergerakan Robot Kiper Menghalau Bola (Penulis, 2024)

Dalam penerapan lapangan sepak bola beroda, lapangan lintasan robot berukuran 12000 mm x 8000 mm akan dibagi menjadi tiga bagian pada lebarnya, sesuai dengan ilustrasi di Gambar 3.7 Pembagian ini didasarkan pada jarak lawan saat melakukan tendangan ke arah gawang dan batasan pergerakan penjaga gawang yang tidak boleh melebihi lebar area gawang. Lebar lapangan secara keseluruhan akan dibagi menjadi tiga bagian: bagian kanan area gawang, bagian kiri area gawang, dan bagian tengah lebar gawang. Setelah pembagian garis besar lebar lapangan, bagian tengah yang lebarnya 2000 mm akan dibagi menjadi 3 bagian pergerakan robot dan 2 bagian pergerakan *slider* tangan robot. Dengan demikian, setiap pergerakan di area gawang dilakukan setiap 600 mm. Pembagian area gerak robot kiper dijelaskan di Gambar 3.8 Penentuan gerakan ini akan dilakukan setelah hasil prediksi dari perhitungan teknik trigonometri.

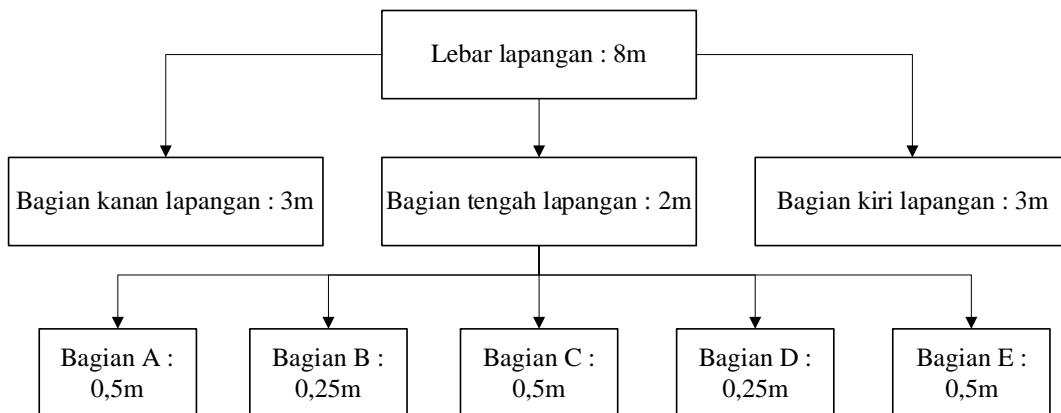


Gambar 3. 7 Ilustrasi Ukuran Lapangan KRSBI-Beroda (Penulis, 2024)



Gambar 3. 8 Rules Base Pergerakan Robot Kiper (Penulis, 2024)

Berdasarkan *rules base* pada Gambar 3.9 dapat digunakan untuk menentukan pergerakan robot kiper dalam menghalau bola. Sehingga pergerakan robot akan sesuai dengan *rules base*, dengan keadaan sebagai berikut.



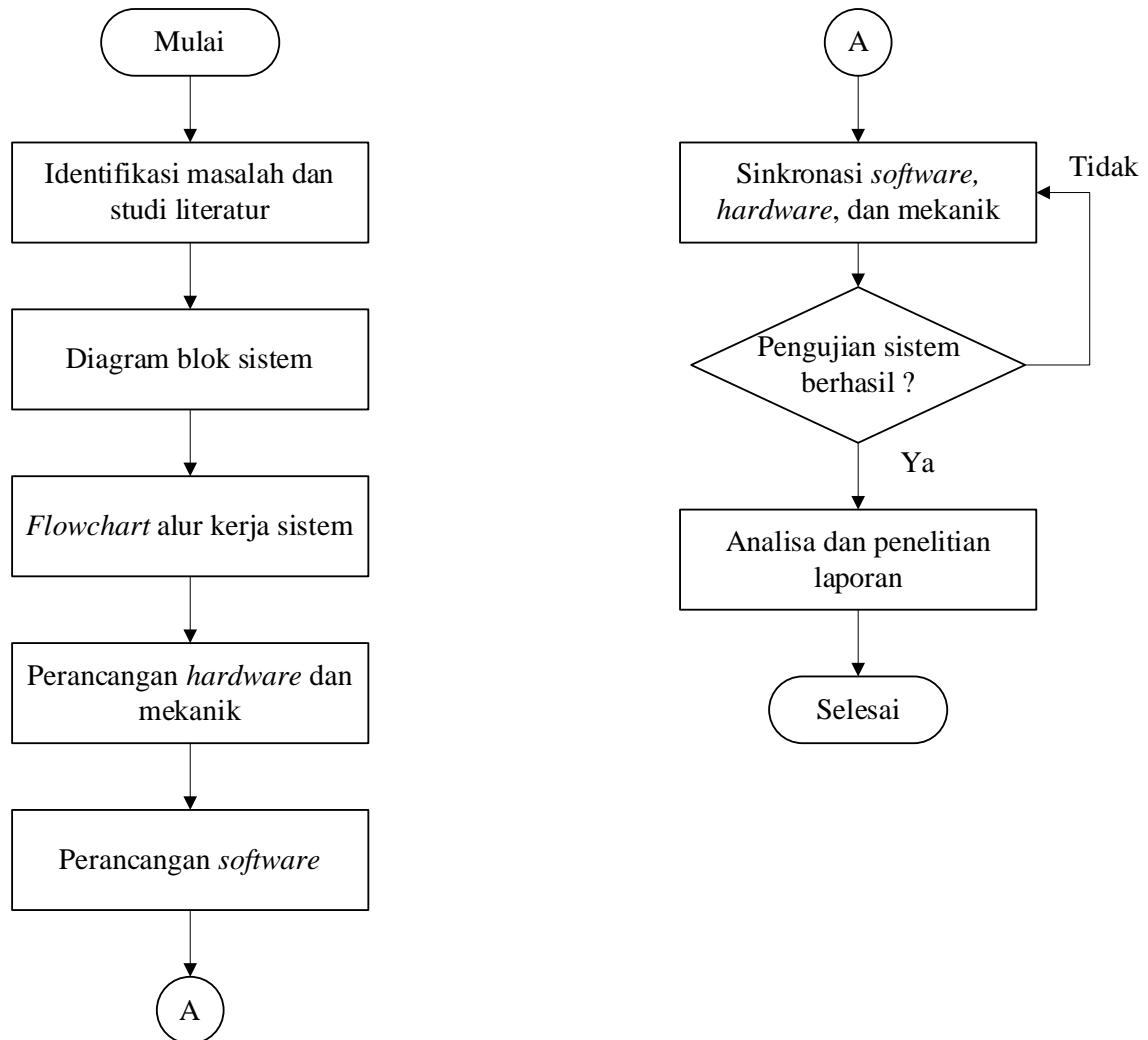
Gambar 3. 9 Diagram Rules Base Pergerakan Robot Kiper (Penulis, 2024)

1. Jika arah bola prediksi berada kurang dari 3000 mm lebar lapangan, maka robot akan berpindah dan berhenti di titik A.
2. Jika arah bola prediksi berada antara titik 3000 mm dan 3500 mm lebar lapangan, maka robot akan berpindah dan berhenti di titik A.
3. Jika arah bola prediksi berada antara titik 3500 mm dan 3750 mm lebar lapangan, maka slider tangan robot terbuka ke arah di titik B dan posisi robot berhenti.
4. Jika arah bola prediksi berada antara titik 3750 mm dan 4250 mm lebar lapangan, maka robot akan berpindah dan berhenti di titik C.
5. Jika arah bola prediksi berada antara titik 4250 mm dan 4500 mm lebar lapangan, maka slider tangan robot terbuka ke arah di titik D dan posisi robot berhenti.
6. Jika arah bola prediksi berada antara titik 4500 mm dan 5000 mm lebar lapangan, maka robot akan berpindah dan berhenti di titik E.
7. Jika arah bola prediksi berada lebih dari 5000 mm lebar lapangan, maka robot akan berpindah dan berhenti di titik E.

3.2 Tahapan Penelitian

Dalam subbab ini, alur penelitian yang digunakan selama pengerojaan Tugas Akhir dibahas. Ini mencakup identifikasi terkait masalah yang telah dirumuskan, terkait menganalisisan yang menjadi suatu kebutuhan sistem, perancangan terkait

sistem, upaya perancangan dan pembuatan perangkat keras dan ekonomi upaya melakukan perancangan dan juga pembuatan terkait perangkat lunak dan agama serta upaya analisis dan juga upaya diskusi.



Gambar 3. 10 Flowchart Tahapan Penelitian (Penulis, 2024)

3.3 Perencanaan dan Desain

Pada sub-bab ini menjelaskan mengenai perencanaan dan pembuatan sistem yang akan dilaksanakan pada penelitian ini. Kan itu dilakukan upaya pembuatan terkait desain ekonomi upaya melakukan pemodelan terhadap suatu sistem yang menjadi kebutuhan yakni yang berperan sebagai suatu dasar pembuatan alat serta terkait integrasi antar suatu sistem maupun integrasi alat dengan atau terhadap sistem.

3.3.1 Analisa Kebutuhan Sistem

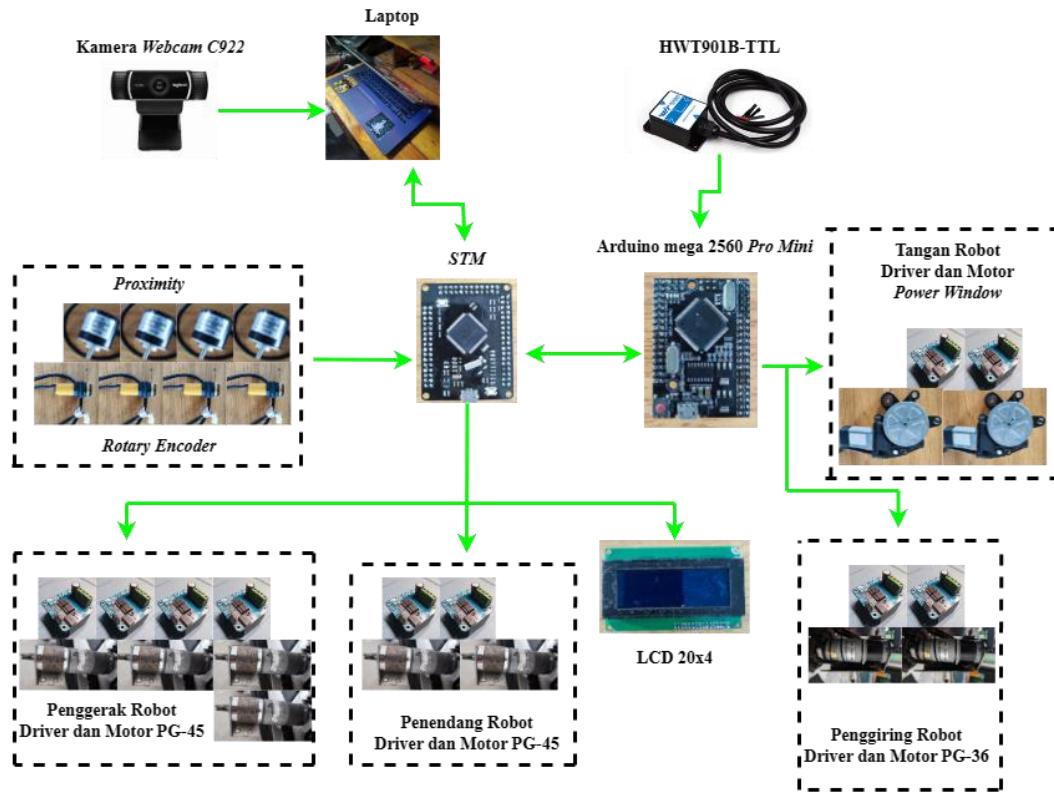
Setelah dilakukan upaya perhitungan dan juga upaya melakukan pertimbangan terkait kebutuhan dalam kajian ini, langkah pertama yang dilaksanakan adalah melakukan penganalisaan terkait hal-hal yang menjadi kebutuhan dari sistem sebagai upaya untuk ditentukannya suatu kebutuhan terkait sistem yang mana akan dimanfaatkan.

Adapun alat-alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- | | | |
|-----|-----------------------------------|-----------|
| 1. | Kamera <i>webcam C922</i> | (1 buah) |
| 2. | Laptop | (1 buah) |
| 3. | STM32F4 (<i>DiyMore</i>) | (1 buah) |
| 4. | Arduino Mega 2560 <i>Pro Mini</i> | (1 buah) |
| 5. | Sensor HWT901B-TTL | (1 buah) |
| 6. | Sensor <i>Rotary Encoder</i> | (3 buah) |
| 7. | Sensor <i>Proximity InfraRed</i> | (4 buah) |
| 8. | Motor DC PG-45 | (6 buah) |
| 9. | Motor DC PG-36 | (2 buah) |
| 10. | Motor DC <i>Power Window</i> | (2 buah) |
| 11. | Driver IBT-2-H-Bridge | (10 buah) |
| 12. | LCD 20x4 | (1 buah) |

3.3.2 Perancangan Hardware

Adapun perancangan *hardware* dari penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 11 Diagram Perancangan Hardware (Penulis, 2024)

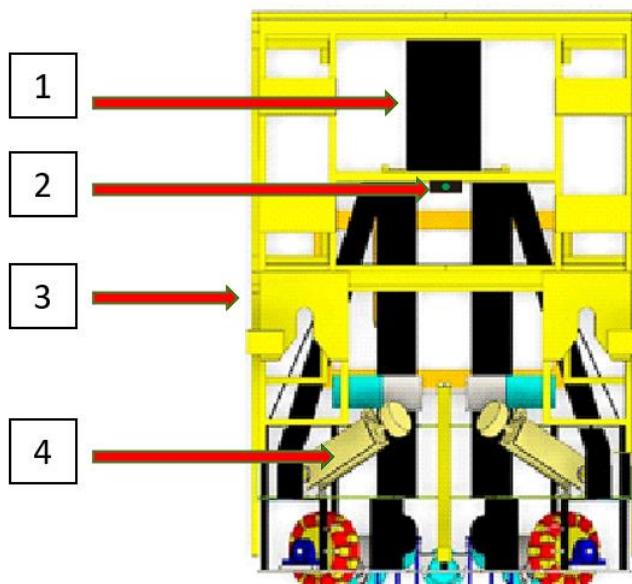
Perancangan *hardware* robot sepak bola beroda pada penelitian ini seperti Gambar 3.11. Terdapat kamera *webcam* C922 sebagai *input* sensor utama yang diproses oleh laptop. Selain itu, terdapat berupa *rotaty encoder* dan juga sensor HWT901B sebagai *input* sensor yang akan diproses oleh mikrokontroller. Data dari *rotaty encoder* akan diproses oleh STM32F4 sedangkan HWT901B akan diproses oleh Arduino Mega Pro Mini. Selain itu ada juga sensor *proximity* dan data dari Arduino Mega Pro Mini juga akan diproses oleh STM32F4. Dalam penelitian ini setiap robot akan memiliki satu buah STM32F4 *DiyMore* sebagai mikrokontroller utama, satu buah Arduino Mega Pro Mini, dan satu buah laptop sebagai perangkat yang melakukan pemrosesan data. Dibagian *output* terdapat empat buah motor PG-45 beserta *driver motor* IBT-2-H-Bridge sebagai penggerak, dua buah motor PG-45 beserta *driver motor* IBT-2-H-Bridge sebagai penendang, dua buah motor PG-36 beserta *driver motor* IBT-2-H-Bridge sebagai penggiring, dua buah motor *Power Window* beserta *driver motor* IBT-2-H-Bridge sebagai *slider* tangan robot, serta satu buah LCD 20x4 sebagai tampilan data-data robot.

3.3.3 Desain Sistem Mekanik

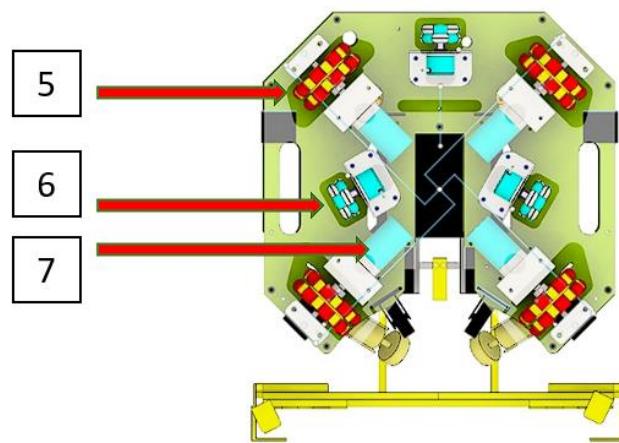
Pada tahap ini, Desain mekanik dari robot adalah desain mekanik robot yang dibuat berdasarkan peraturan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda tahun 2023, ukuran dan desain dimensi robot pada penelitian ini sebagai berikut :

- Panjang : 501 mm
- Lebar : 508 mm
- Tinggi : 800 mm
- Berat : 30 kg

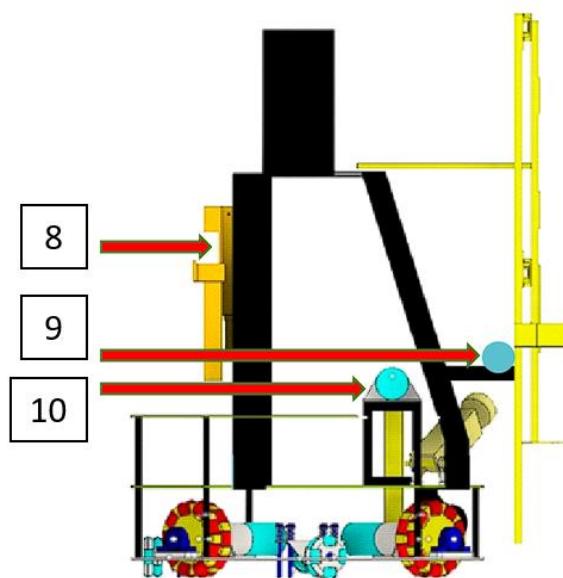
Berikut ini adalah desain sistem robot mekanik yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sebelum memulai proses penggeraan mekanik, desainer dapat meninjau kembali hasil desainnya dengan menggunakan aplikasi *Autocad*. Gambar 3.12 menunjukkan desain untuk tampak depan, Gambar 3.13 menunjukkan tampak bawah, Gambar 3.14 menunjukkan tampak samping, dan Gambar 3.15 menunjukkan tampak atas.



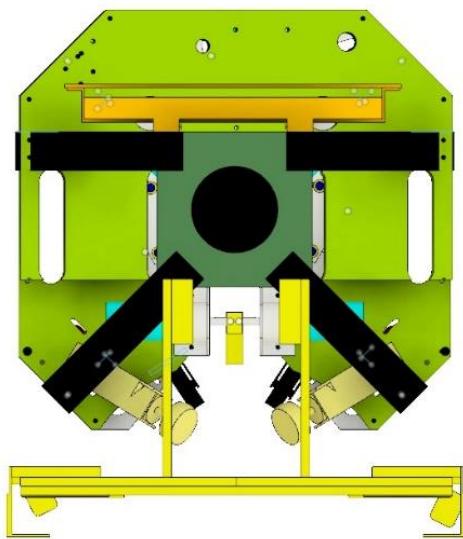
Gambar 3. 12 Desain Robot Tampak Depan (Penulis, 2024)



Gambar 3. 13 Desain Robot Tampak Bawah (Penulis, 2024)



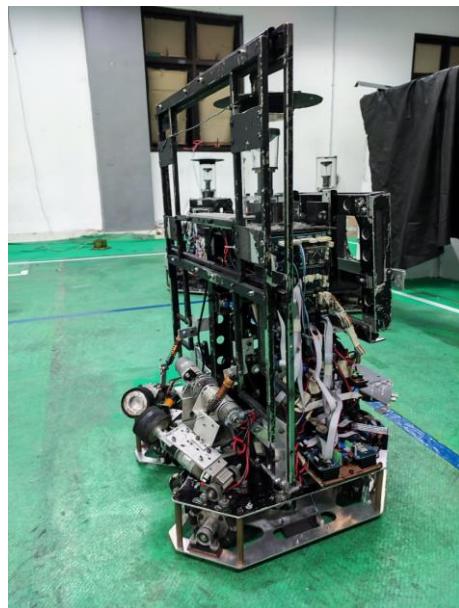
Gambar 3. 14 Desain Robot Tampak Samping (Penulis, 2024)



Gambar 3. 15 Desain Robot Tampak Atas (Penulis, 2024)

Keterangan :

1. Kamera *Omnidirectional*
2. Kamera *Webcam C922*
3. Silder Tangan Robot
4. Motor Penggiring
5. Roda Omni
6. Sensor *Rotary Encoder*
7. Motor Penggerak
8. Laptop
9. Motor Tangan Robot
10. Motor Penendang

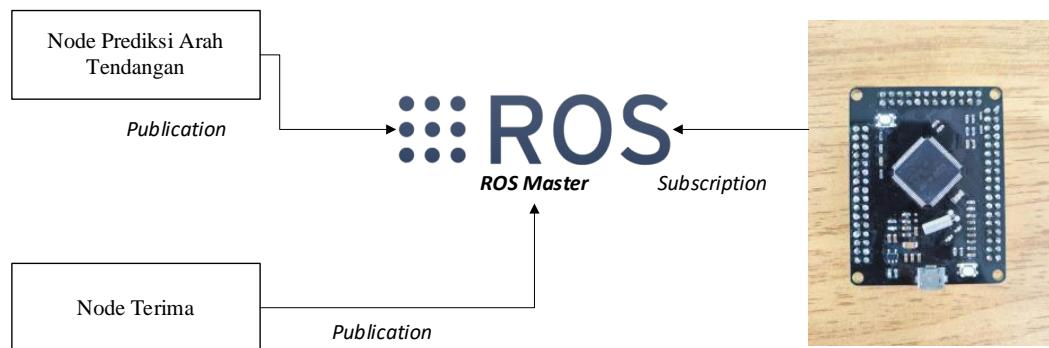


Gambar 3. 16 Implementasi Desain Robot (Penulis, 2024)

Gambar 3.16 adalah hasil implementasi desain mekanik robot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 – 3.15 implementasi mekanik robot ini sebagian besar menggunakan bahan plat aluminium agar beban robot tidak terlalu berat.

3.3.4 Perencanaan Software

Proses merencanakan dan merancang sistem perangkat lunak sebelum dimulai pembuatan dikenal sebagai perancangan *software*. Perancangan *software* bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat lunak yang dibuat dapat memenuhi persyaratan fungsional dan non-fungsional, memiliki arsitektur yang tepat, mudah dipelihara dan diubah, dan dapat diuji dan digunakan dengan efisien.



Gambar 3. 17 Perencanaan Software (Penulis, 2024)

Pada penelitian kali ini *note* prediksi arah tendangan terdiri dari algoritma metode YOLO, perhitungan *trigonometry technique*, dan algoritma *rules base*. Data yang dihasilkan oleh kamera akan diproses melalui metode algoritma YOLO, data

dari YOLO akan diproses melalui perhitungan *trigonometry technique* dan diolah lagi melalui algoritma *rules base*, kemudian *note* prediksi arah tendangan melalui ROS Master dikirimkan ke note terima yang akan diproses untuk mengirimkan data ke mikrokontroller STM32F4 untuk diolah. Data yang diperoleh akan diproses untuk menggerakkan robot kiper menghalau bola yang akan masuk ke gawang.

3.4 Jadwal (*Timeline*)

Tabel 3. 1 jadwal pengerjaan penelitian (Penulis, 2024)

No.	Jenis Kegiatan	Minggu Ke-														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Studi Literatur	✓	✓	✓	✓											
2	<i>Review</i> Perencanaan Sistem					✓	✓									
3	Perencanaan dan Desain Sistem							✓	✓	✓						
4	Pengujian Alat							✓	✓	✓						
5	Pengujian Sistem							✓	✓	✓						
6	Kompilasi Data							✓	✓	✓						
7	Pengambilan Data							✓	✓	✓						
8	Analisi Data										✓	✓	✓			
9	Penyusunan Laporan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3.5 Rencana Anggaran Penelitian

Tabel 3. 2 Rencana anggaran penelitian (Penulis, 2024)

No	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	STM32F407VGT6	1	-	-
2	Arduino Mega 2560 Pro Mini	1	175.000	175.000
3	Sensor HWT901B	1	-	-
4	Sensor <i>Proximity Infrared</i>	4	-	-
5	Driver Motor BTS7960	10	-	-
6	Motor DC PG-45	6	-	-
7	Motor DC PG-36	2	-	-
8	Motor DC <i>Power Window</i>	2	-	-
9	LCD 20x4 <i>blue</i>	1	40.000	40.000
10	Kamera Webcam Logitech C922	1	-	-
11	Cetak PCB	1	-	-
Total				175.000

DAFTAR PUSTAKA

- Agencyelectronics. (2023). *RotaryEncoder*. <https://agencyelectronics.com/en/products/592933-lpd3806-400bm-g5-24c-incremental-rotary-encoder>
- Alfath Daryl Alhajir, Yisti Vita Via, & Wahyu Syaifulah Jauharis Saputra. (2021). Sistem Pendeksi Objek Beras Dan Benda Asing Berbasis Keras Dan Google Colab. *Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi*, 2(3), 580–586. <https://doi.org/10.33005/jifosi.v2i3.369>
- Colabgoogle. (2023). *Colabgoogle*. <https://colab.google/%0A>
- Cytron. (2023). *Powerwindow*. <https://www.cytron.io/p-power-window-motor-wira-left>
- Darmawan, W. (2023). *OPTIMASI STRATEGI KEPUTUSAN ROBOT PENYERANG MENGGUNAKAN METODE DECISION TREE PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA*.
- Diymore. (2023). *STM32F4*. <https://www.diymore.cc/products/stm32f4-discovery-stm32f407vgt6-microcontroller-32bit-flash-mcu-arm-cortex-m4-core-development-board>
- Gearpowermotor. (2021). *DC planetary gearmotor*. <https://www.gearpowermotor.com/productinfo/508655.html?templateId=1133605>
- Hendri; Hoki, Leony; Augusman, Veirry; Aryanto, D. (2021). PENERAPAN MACHINE LEARNING UNTUK MENGATEGORIKAN SAMPAH PLASTIK RUMAH TANGGA. *Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi*, 10(1), 1–5.
- Hidayat, V. R. (2023). *FILTER GANGGUAN PADA HASIL PREDIKSI GERAKAN ARAH BOLA ROBOT PENJAGA GAWANG DENGAN METODE KALMAN FILTER*.
- Jalil, A. (2023). *PANDUAN LENGKAP ROBOT OPERATING SYSTEM (ROS)*.
- Kusumoputro, B., Purnomo, M. ., Rochardjo, H. S. ., Prabowo, G., Purwanto, D., Pitowarno, E., Mozef, E., Indrawanto, Mutijarsa, K., & Muis, A. (2023). Buku Pedoman Kontes Robot Indonesia (Kri) Tahun 2023. *Balai Pengembangan Talenta Indonesia Pusat Prestasi Nasional Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi*, 1–150.
- Logitech. (2023). *Webcam*. <https://www.logitech.com/id-id/products/webcams/c922-pro-stream-webcam.960-001090.html>
- Muldayani, W. (2023). Implementasi Sistem Object Tracking Untuk Mendekripsi Dua Objek Berbasis Deep Learning. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.24176/simet.v14i1.9236>
- Normalisa, Rachmaniar, A., Diana, D., Saefudin, M., & Parulian, R. (2022). Application Of Computer Vision Detection Of Apples And Oranges Using

- Python Language. *Journal of Information System, Informatics and Computing (JISICOM)*, 6(2), 455–466. <https://doi.org/10.52362/jisicom.v6i2.946>
- Nvidia. (2023). *Cuda-Nvidia*. <https://developer.nvidia.com/cuda-zone>
- Octavian, Y., Widodo, H. A., Khumaidi, A., Teknik, J., Kapal, K., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2021). *Optimasi Deteksi Bola Pada Robot Sepak Bola*.
- OkyNewsstarTechnology. (2022). *MotorDriverModule*.
<https://www.diyelectronicskit.com/sale-12922125-double-bts7960-43a-arduino-sensor-module-h-bridge-high-power-motor-driver-module.html>
- Python. (2023). *Python*. <https://www.python.org/>
- Pytorch. (2023). *Pytorch*. <https://pytorch.org/>
- Rahman, S., Sembiring, A., Siregar, D., khair, H., Gusti Prahmana, I., Puspadini, R., & Zen, M. (2023). Python : Dasar Dan Pemrograman Berorientasi Objek. In *Penerbit Tahta Media*.
<https://tahtamedia.co.id/index.php/issj/article/view/344>
- Robotdyn. (2023). *Mega2560ProMini*. <https://robotdyn.com/mega-2560-pro-mini-atmega2560-16au.html>
- Romadloni, F. (2023). *IDENTIFIKASI WARNA LINTASAN BOUY PADA AUTONOMUS SUBMARINE SURFACE VEHICLE (ASSV) DI EVENT KONTES KAPAL CEPAT TAK BERAWAK NASIONAL (KKCBTN) MENGGUNAKAN METODE YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)*.
- ROS. (2023). *RobotOperatingSystem*. <https://www.ros.org/>
- Safatain, R., Khumaidi, A., Sukoco, D., Studi, P., Otomasi, T., Teknik, J., Kapal, K., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2022). *PENINGKATAN AKURASI KETEPATAN SUDUT PENGUMPAN DAN PENERIMA BOLA PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA MENGGUNAKAN KOMBINASI METODE GYRODOMETRY DAN IMAGE PROCESSING*.
- Sanubari, F. F., & Purijanto, 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>
- Sekharamantry, P. K., Melgani, F., & Malacarne, J. (2023). Deep Learning-Based Apple Detection with Attention Module and Improved Loss Function in YOLO. *Remote Sensing*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/rs15061516>
- Setiawan, D. B. (2019). *SISTEM PREDIKSI ARAH TENDANGAN LAWAN PADA ROBOT PENJAGA GAWANG SEPAK BOLA BERODA MENGGUNAKAN TRIGONOMETRY TECHNIQUE DAN METODE MULTILAYER PERCEPTRON*.
- Sudrajat, A., Prasetyo, Y. H., & Kusumawardani, M. (2021). Implementasi Enkripsi Advanced Encryption Standard (AES-128) Mode Cipher Block Chaining (CBC) sebagai Keamanan Komunikasi Pergerakan Robot Humanoid KRSBI.

Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi, 11(1), 6–11.
<https://doi.org/10.33795/jartel.v11i1.16>

Vicente-Martínez, J. A., Márquez-Olivera, M., & García-Aliaga, A. (2023). Adaptation of YOLOv7 and YOLOv7_tiny for Soccer-Ball Multi-Detection with DeepSORT for Tracking by Semi-Supervised System. *Sensors*, 23(21), 8693. <https://doi.org/10.3390/s23218693>

Wibowo, Sastya Hendri; Musa, Purnawarman; Artiyasa, Marina; Dewadi, Fathan Mubina; Nggego, D. A. I. (2023). *ROBOTIKA*.

Witmotion. (2020). *Witmotion-sensor*. <https://witmotion-sensor.com/products/hwt101ct-ttl-military-grade-z-axis-inclinometer-mems-tilt-sensor-built-in-highly-integrated-crystal-gyroscope-rotation-angle-attitude-sensor-kalman-filter-algorithm-automatic-data-storage-multi-cascade-support>

2-1-24-BismillahUpload-1.

ORIGINALITY REPORT

18%	17%	3%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.ppons.ac.id	7%
2	repository.its.ac.id	1%
3	journal2.uad.ac.id	1%
4	aroboto.com	1%
5	doaj.org	<1%
6	repository.unej.ac.id	<1%
7	jurnal.polinema.ac.id	<1%
8	www.researchgate.net	<1%
9	123dok.com	<1%