BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam kehidupan saat ini sangat dipengaruhi oleh perkembangan ilmu pengetahan dan teknologi. Salah satu contohnya dibidang robotika. Robot adalah seperangkat alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (kecerdasan manusia). Robot dapat berfungsi untuk membantu manusia dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari sesuatu yang ringan hingga yang berat. Robot memiliki beberapa jenis yaitu robot sepak bola, robot pembersih, dll. Robot sepak bola merupakan salah satu jenis robot yang dikembangkan untuk keperluan kompetisi yaitu KRI (Kontes Robot Indonesia) kategori KRSBI (Kategori Kontes Robot Sepak Bola). Robot Sepak Bola Beroda dikembangkan untuk dapat bermain layaknya pemain sepak bola di lapangan, mulai dari mendeteksi bola, menggiring bola, dan menendang bola. (Julian sagertian dkk, 2018).

Salah satu jenis robot yang sedang dirancang penulis adalah robot penggiring bola dengan menggunakan komputer vision untuk mendeteksi objek bola. Pada penelitian ini, menggunakan metode algoritma *color filtering* untuk mendeteksi warna bola. Robot ini dilengkapi dengan kamera untuk mendukung kemampuannya mendeteksi objek dan warna benda. Mikrokontroler yang

digunakan berupa raspberry pi3 sebagai pengontrol dari robot, yang menginput data dari kamera dan LM2596, kemudian mengirim output ke PCA9685 untuk tracking menggunakan 4 buah motor DC yang dikendalikan oleh 2 motor *driver*.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendeteksi warna dan bentuk objek menggunakan komputer vision pada robot penggiring bola?
2. Bagaimana mengimplementasikan komputer vision pada robot penggiring bola?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui rancangan sistem mekanik robot penggiring bola
2. Mengetahui rancangan sistem komputer vision dalam mendeteksi warna dan objek bola

D. Batasan Masalah

1. Menggunakan Raspberry PI3 sebagai pengontrol
2. Mendeteksi bola warna orange

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu dapat digunakan untuk mengikuti lomba Kontes Robot Indonesia. Dan manfaat yang lainnya adalah sebagai bahan referensi atau rujukan untuk penelitian selanjutnya dengan mengembangkan atau menambahkan beberapa kemampuan seperti menendang dan menghalau bola.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Komputer Vision

Komputer Vision adalah menduplikatkan kemampuan penglihatan manusia ke dalam benda-benda elektronik sehingga benda-benda elektronik tersebut dapat mengerti dan memahami arti dari gambar yang disisipkan. Sebagai disiplin ilmu, visi komputer berkaitan dengan teori di balik sistem buatan yang mengekstraksi informasi dari gambar. Data gambar dapat mengambil banyak bentuk, seperti rangkaian video, tampilan dari beberapa kamera, atau data multidimensi dari pemindai medis (Dedy Agung Prabowo dkk, 2018).

Sebagai disiplin teknologi, visi komputer berusaha untuk menerapkan teori dan model untuk pembangunan sistem visi komputer. Contoh aplikasi dari visi komputer mencakup sistem untuk:

1) Pengendalian proses (misalnya, sebuah robot industri atau kendaraan otonom).
2) Mendeteksi peristiwa (misalnya, untuk pengawasan visual atau orang menghitung).
3) Mengorganisir informasi (misalnya, untuk pengindeksan database foto dan gambar urutan).

4) Modeling benda atau lingkungan (misalnya, inspeksi industri, analisis citra medis).
5) Interaksi (misalnya, sebagai input keperangkat untuk interaksi komputer-manusia).

Sub-domain dari visi komputer termasuk adegan rekonstruksi, deteksi event, pelacakan video, pengenalan objek, belajar, *indexing*, estimasi gerak, dan pemulihan citra (Dedy Agung Prabowo dkk, 2018).

2. Algoritma Color Filtering

Color Filtering adalah teknik pemrosesan gambar yang digunakan untuk memanipulasi gambar berdasarkan warna tertentu. Cara kerjanya adalah dengan membandingkan komponen warna dari setiap piksel gambar dengan warna tertentu. Jika warnanya cocok dengan warna tertentu dari komponen warna, piksel dibiarkan sendiri. Namun jika warna tidak sesuai dengan warna tertentu maka komponen warna piksel diubah menjadi warna background, biasanya hitam. Ada beberapa ruang warna yang dikenal antara lain RGB *(Red, Green, Blue),* HSV *(Hue, Saturation, Value), YCbCr, dll.* HSV merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna dasar, dimana warna dasar tersebut digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi robot (Nur Khamdi dkk, 2017).

Proses ini dilakukan untuk melakukan pengambilan piksel pada suatu image yang memiliki itensitas warna tertentu. Setelah didapatkan objek dengan warna tertentu saja, langkah selanjutnya ialah proses thresholding yang bertujuan

untuk mengubah citra berderajat keabuan menjadi citra biner atau hitam putih sehingga dapat diketahui daerah mana yang termasuk objek dan background dari citra secara jelas. Agar memudahkan proses pelacakan bentuk pada sebuah benda pada citra digital digunakan proses edge detector. Proses ini bertujuan untuk melakukan pengubahan format gambar hanya menampilkan bagian tepi saja (Bustami, 2023).

3. Mikrokontroler

Raspberry Pi adalah PC Mini berperforma tinggi dengan harga murah yang dapat digunakan orang untuk belajar, memecahkan masalah, dan bersenang-senang. Raspberry Pi hanya seukuran telapak tangan orang dewasa. Target penggunaan Raspberry Pi ini adalah untuk pengembangan proyek IoT *(Internet of Things*) dan bersifat *Open-source*. Raspberry Pi ini menggunakan SoC *(System-on-Chip) Broadcom BCM2837 Cortex A53 CPU* 64-*bit* dengan 4 *core* yang ditenagai oleh 1.2GHz mampu menampilkan gambar pada monitor dengan resolusi tertinggi 1080p, *GPU Broadcom VideoCore* IV dengan frekuensi 400MHz, mendukung teknologi *OpenGL ES* 2.0, RAM 1GB tipe DDR3, memiliki slot Ethernet RJ45 dengan kecepatan 100Mbps untuk terhubung ke internet menggunakan media kabel LAN, mendukung *HDMI*, 4 slot *USB* 2.0, sumber listrik menggunakan input DC 5 volt di minimal 1,5 ampere, GPIO 40 pin multifungsi, dan mendukung banyak sistem operasi seperti *Android*, *Ubuntu*, *Debian, Raspbian*, bahkan *KODI*. Raspberry Pi 3 Model B memiliki dimensi 86.9mm x 58.5mm x 19.1mm dan berat 41.2g (Sutarti dkk, 2019).

Raspberry Pi 3 Model B adalah generasi ketiga Raspberry Pi. Raspberry Pi atau yang biasa disebut *RPi* atau *RasPi*, adalah sebuah komputer dengan papan sirkuit tunggal yang ukurannya sebesar kartu ATM. *RPi* Awalnya dikembangkan di Wales, Inggris Oleh Raspberry Pi Foundation dengan tujuan mengajarkan dan mempromosikan dasar-dasar Ilmu Komputer (Eltra E. Barus dkk, 2018).



Gambar 2. 1 Raspberry PI 3

(*Sumber* : Eltra E. Barus dkk, 2018)

Spesifikasi dari raspberry pi3 yaitu sebagai berikut:

1) *Prosesor Quad Core* 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit
2) RAM 1GB
3) BCM43438 LAN nirkabel dan Bluetooth Low Energy (BLE) terpasang
4) Ethernet 100 Basis
5) *GPIO* 40-pin yang diperluas
6) 4 *port USB* 2
7) Output stereo 4 kutub dan port video komposit
8) *HDMI* ukuran penuh

9) *Port* kamera *CSI* untuk menghubungkan kamera Raspberry Pi
10) *Port* tampilan *DSI* untuk menghubungkan layar sentuh Raspberry Pi
11) *Port Micro SD* untuk memuat sistem operasi dan menyimpan data
12) Sumber daya *Micro USB* yang ditingkatkan hingga 2.5A

(Sumber : https://www.pololu.com/product/2797)

4. Motor Driver

Motor *driver* L298N adalah perangkat elektronik yang mampu mengendalikan motor DC berdasarkan arah dan kecepatan motor. *Driver* motor ini menggunakan IC dengan tipe setengah jembatan yang dapat mengontrol beban induktif seperti motor *stepper*, *solenoida*, *relay* dan motor DC. *Driver* motor L298N memiliki pin input output membuat implementasi lebih mudah. *Driver* motor L298N mampu mengendalikan dua motor dalam 2 arah yang berbeda. *Driver* motor ini menggunakan tegangan suplai 5 VDC, dengan 8 dioda penyearah dan memiliki indikator LED merah yang dilengkapi dengan resistor 1k ohm dan kapasitor untuk menyimpan tegangan sementara. Pada penelitian ini *driver* motor hanya digunakan untuk satu buah motor DC. Keunggulan dari driver ini adalah dapat mengatur putaran motor DC dengan mengatur PWM melalui program yang digunakan pada Raspberry Pi 4 (Florentinus Budi Setiawan dkk, 2022).



Gambar 2. 2 Motor *Driver* L298N

(*Sumber* : Ade Septian Dwisaputra dkk, 2021)

5. Modul Camera

Modul kamera bawaan Raspberry Pi digunakan untuk merekam video dengan *High Definition*. Untuk menghubungkan modul kamera, ada *port CSI*, di belakang *port Ethernet*, dan aktifkan pengaturan kamera (Basworo Ardi Pramono dkk, 2018).



Gambar 2. 3 Modul Kamera

(Sumber : Basworo Ardi Pramono dkk, 2018)

Spesifikasi modul kamera raspberry :

1) Tipe sensor: *OmniVision* OV5647 [6] Color CMOS QSXGA (5 megapiksel)

2) Ukuran sensor: 3,67 x 2,74 mm (format 1/4")
3) Jumlah Piksel: 2592 x 1944
4) Ukuran Piksel: 1,4 x 1,4 um
5) Lensa: f=3,6 mm, f/2,9
6) Sudut Pandang: 54 x 41 derajat
7) Bidang Pandang: 2,0 x 1,33 m pada 2 m
8) Setara lensa SLR bingkai penuh: 35 mm
9) Fokus Tetap: 1m hingga tak terbatas
10) Video: 1080p pada 30 fps dengan codec H.264 (AVC)
11) Hingga 90 fps Video pada VGA
12) Ukuran papan: 25 x 24 mm (tidak termasuk kabel fleksibel)
13) Lubang Perlengkapan Uji: 4x D=2,15 mm pada pusat 12,5 x 21,0 mm

(Sumber : https://elinux.org/Rpi_Camera_Module)

6. Motor DC

Penggunaan motor DC paling banyak diminati di sektor industri saat ini. Hal ini terjadi karena beberapa keunggulan yang dimiliki motor DC. Keunggulan motor DC antara lain torsi yang baik, putaran yang lama, pengereman yang baik, pengaturan kecepatan yang baik sehingga lebih mudah dikendalikan. Dalam aplikasi lapangan, motor DC sering digunakan di banyak medan penggerak listrik yang membutuhkan pengaturan kecepatan, termasuk derek dan rolling mill, perkakas mesin presisi. Pengaturan kecepatan motor DC bekerja berdasarkan teori kendali umpan balik (*close loop*). Dalam dunia robotika, peran motor DC sangat penting, yang dapat digunakan pada sistem otonom dan robot bergerak.

Pengaturan kecepatan motor DC dapat diatur dengan potensiometer yang dipasang secara seri. Dengan cara ini tentunya ada kendala yang menyebabkan komponen cepat panas dan kecepatan kurang stabil. Dilihat dari keefektifannya untuk mengendalikan motor DC lebih baik menggunakan mikrokontroler karena dapat diprogram dengan mudah. Proses pengontrolan kecepatan kerja motor DC berbasis *PWM*. *PWM* ini dapat dengan mudah mengatur kecepatan motor DC dengan mengatur sinyal lebar pulsa (Florentinus Budi Setiawan dkk, 2022).



Gambar 2. 4 Motor DC

(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi)

7. Stepdown LM2596

Modul *stepdown* LM2596 adalah modul yang memiliki IC LM2596 sebagai komponen utamanya. *IC* LM2596 adalah sirkuit terpadu / integrat*ed circuit* yang berfungsi sebagai *Step-Down* DC converter dengan current rating 3A. Terdapat beberapa varian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu versi adjustable yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi *fixed* voltage output yang tegangan keluarannya sudah tetap / *fixed* (Sumardi, 2019).

StepDown LM2596 DC-DC merupakan konverter penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC (Riyan Hamdani dkk, 2019).



Gambar 2. 5 LM2596

(Sumber : Makassar Robotika)

Tabel 2.1 Spesifikasi *stepdown* LM2596

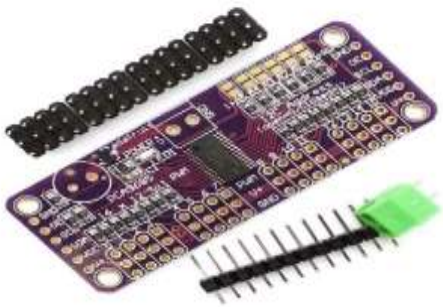
Mikrokontroler	**ATmega328**
Input Voltage	4.5;40 V
Output Tegangan	1.25V-3V(adjustable)
Output Current	3A (max)
Conversion efficiency	90% (max)

(Sumber : Makassar Robotika)

8. Modul Pca9685

Modul PCA9685 adalah sebuah modul eksternal yang dapat digunakan sebagai tambahan pin PWM untuk Arduino. Modul PCA9685 mengambil input dari 2 pin analog Arduino dan dapat menambah pin PWM hingga 16 pin. Modul PCA9685 menggunakan komunikasi i2c bus dengan Arduino sehingga membutuhkan alamat agar bisa di akses. Alamat default untuk mengakses modul PCA9685 adalah 0×40. Kelebihan dari modul ini adalah memiliki sumber catu

daya yang terpisah antara modul dan motor servo, jadi tidak perlu takut terjadinya *overheating* pada modul dan kontroler (Muhammad Fadel Nugraha dkk, 2019).



Gambar 2. 6 Modul PCA9685

(Sumber : Blibli.com)

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan referensi serta bahan perbandingan dan acuan. Maka peneliti akan mencantumkan beberapa hasil penelitian terdahulu sebagai berikut :

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Joshua Sitompul.Dkk, (2022) dengan judul "Implementasi Algoritma *Haar Cascade Classsifier* Dalam Mendeteksi Robot Bola Beroda". Pada penelitian ini, hasil pengujian yang telah dilakukan pengujian terhadap robot dalam mendeteksi robot se-tim menggunakan sistem baru yang telah dibuat yang kemudian datanya di ambil untuk membandingkan dan kemudian dilakukan pengoptimalan lebih lanjut sampai memperoleh hasil yang maksimal. Pengujian ini dilakukan untuk mencoba dan

membuktikan apakah algoritma ini dapat di gunakan untuk sistem pendeteksian robot sepak bola beroda dan mencari tahu apakah dengan menggunakan algoritma ini robot sepak bola beroda dapat mendeteksi objek dengan lebih akurat. Tes ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1) Menghubungkan Servo *Dynamixel* AX-12A ke PowerHub
2) Memasang *USB2Dynamixel* ke PC/Laptop
3) Menjalankan program python yang telah penulis buat.
4) Lalu selanjutnya koordinat (x, y) dari objek akan dikirimkan melalui serial port untuk menggerakkan servo agar kamera dapat mengikuti objek.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fahriza Azwar Muhammad, Dkk (2019) dengan judul "Sistem Navigasi Robot Beroda Menggunakakn *Omnidirection* Camera". Pada pengujian navigasi beberapa faktor yang sangat mempengaruhi hasil diantaranya : intensitas cahaya, bayangan, framerate, dan area. Intensitas cahaya dan bayangan dikatakan berpengaruh karena penulis menggunakan ruang warna *HSV*, sedikit perubahan dapat mengganggu warna yang telah ditetapkan. Untuk framerate ini menjadi penting karena untuk memperbarui data citra yang digunakan untuk menentukan bola atau balok, ketika framerate rendah maka data citra tidak real-time, sehingga mengakibatkan robot tidak berjalan seperti semestinya. Area yang dimaksud adalah lantai, lantai pada area yang digunakan tidak rata mengakibatkan robot terselip. Pembacaan objek dengan jarak 30cm hingga 40cm memiliki presisi pendektesian yang baik. Rata-rata akurasi pendeteksian objek dengan tepat adalah 80% dari 525 percobaan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian ini dilakukan di gedung F Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare dan waktu pelaksanakan penilitian dilakukan selama 2 (dua) bulan dimulai pada bulan Juli 2023 sampai dengan bulan September 2023.

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Uraian	Bulan 2023					
		Pekan 1	**Pekan 2**	**Pekan 3**	**Pekan 4**	**Pekan 5**	**Pekan 6**
1	Studi *Literatur*						
2	Perancangan Alat dan Bahan						
3	Perakitan Alat						
4	Pengujian Alat						
5	Analisis Hasil Penelitian						

B. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan pengembangan dengan menguji rangkaian yang dibuat dengan mengacu pada referensi yang telah ada.

C. Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan perancangan alat pada penilitian yang akan dilakukan, dibutuhkan beberapa alat dan bahan komponen. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

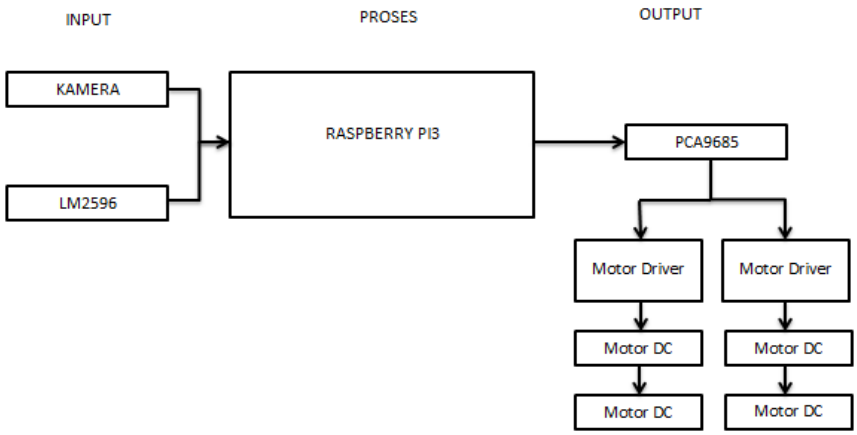
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan

No	Uraian	Jumlah
1	Raspberry PI3	1
2	Motor DC	4
3	Motor Driver	1
4	Stepdown LM2956	1
5	Roda	4
6	Baterai	3
7	Modul pca9685	1
8	Modul camera	1

D. Rancangan Penelitian

1. Blok Diagram

Adapun rancangan penelitian disajikan dalm bentuk blok diagram yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



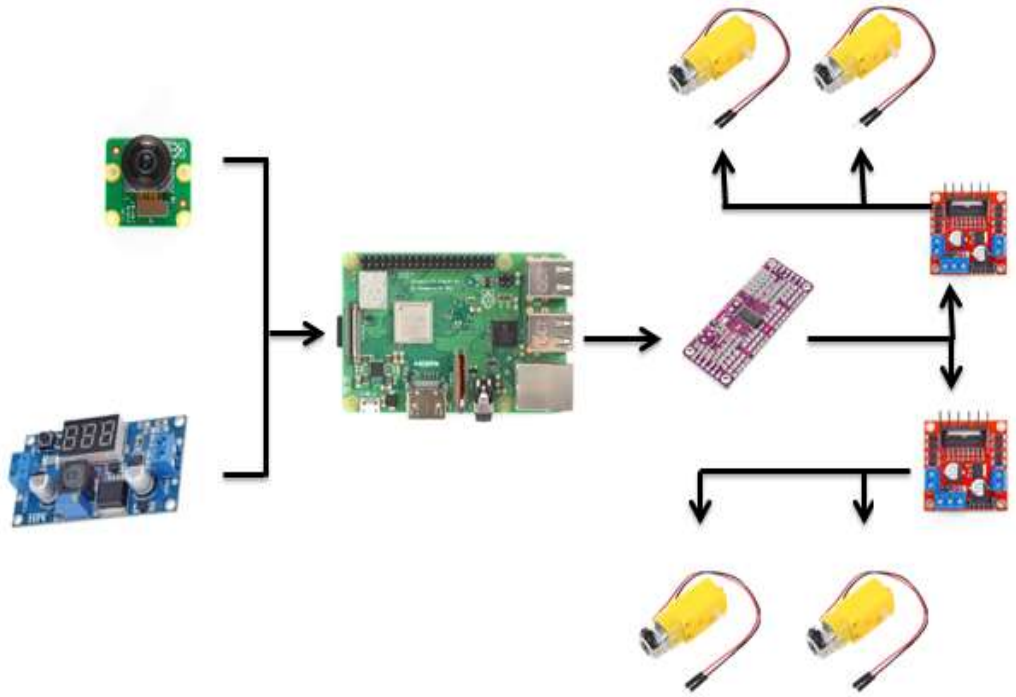
Gambar 3. 1 Blok Diagram Rancangan Penelitian

Pada gambar di atas merupakan blok diagram perancangan robot pengiring bola berdasarkan warna berbasis komputer vision. Adapun penyusun pada bagian terdiri dari :

1) Modul kamera sebagai indera pendeteksian objek dan warna bola pada robot. Modul kamera ini menjadi input untuk memproses data yang akan dikirim ke mikrokontroler yaitu raspberry.
2) Raspberry pi 3 sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai perangkat untuk melakukan proses dari modul kamera untuk memberikan keluaran berupa keluaran untuk tracking.
3) Motor *driver* untuk mengendalikan motor DC berdasarkan perintah dari mikrokontroler.
4) Motor DC berfungsi untuk menggerakkan robot untuk melakukan tracking.
5) *Stepdown* lm2596 berfungsi untuk menurunkan tegangan yang tinggi ke tegangan rendah.

6) PCA9685 berfungsi sebagai tambahan pin PWM dari raspberry pi3.

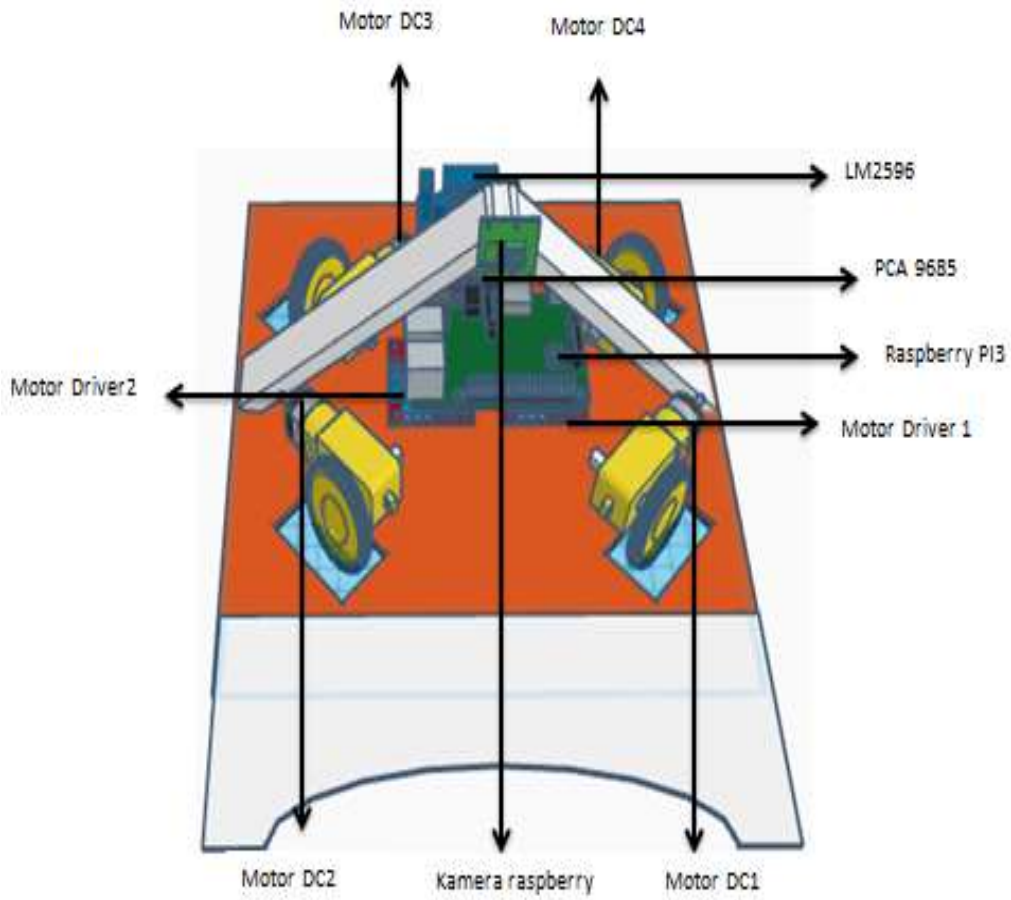
2. Perancangan Komponen Elektronika



Gambar 3. 2 Perancangan Komponen Elektronika

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa modul kamera raspberry menjadi indera penglihatan dan juga menjadi input dari robot untuk memberikan masukan berupa data dari pendetesian bola berwarna orange yang akan di proses oleh mikrokontroler raspberry pi 3. Raspberry pi 3 akan memproses data dan memberikan keluaran berupa perintah untuk mengendalikan motor *driver* l298n yang akan melakukan tracking untuk menjemput bola orange. Adapun komponen tambahan berupa pca9685 yang disambungkan ke raspberry yang digunakan untuk menambahkan pin pwm, dimana PCA9685 ini mengambil 2 pin analog dari raspberry untuk menambahkan 8 pin pwm yang akan mengirimkan keluaran ke

motor *driver* l298n. Adapun komponen tambahan lainnya yaitu stepdown LM2596 yang digunakan untuk menstabilkan tegangan yang masuk dengan menurunkan tegangan dari baterai. *Stepdown* lm2596 memiliki 4 pin yaitu pin Vin+ disambungkan ke VCC dari motor driver l298n dan baterai, Vin- disambungkan ke GND dari l298n dan baterai, Vout+ dan Vout- disambungkan ke raspberry pi 3. Untuk motor driver l298n digunakan sebagai keluaran dari raspberry pi 3 untuk mengendalikan motor dc. Motor dc sebagai penerima keluaran berupa perintah untuk melakukan tracking.



Gambar 3. 3 Rancangan robot

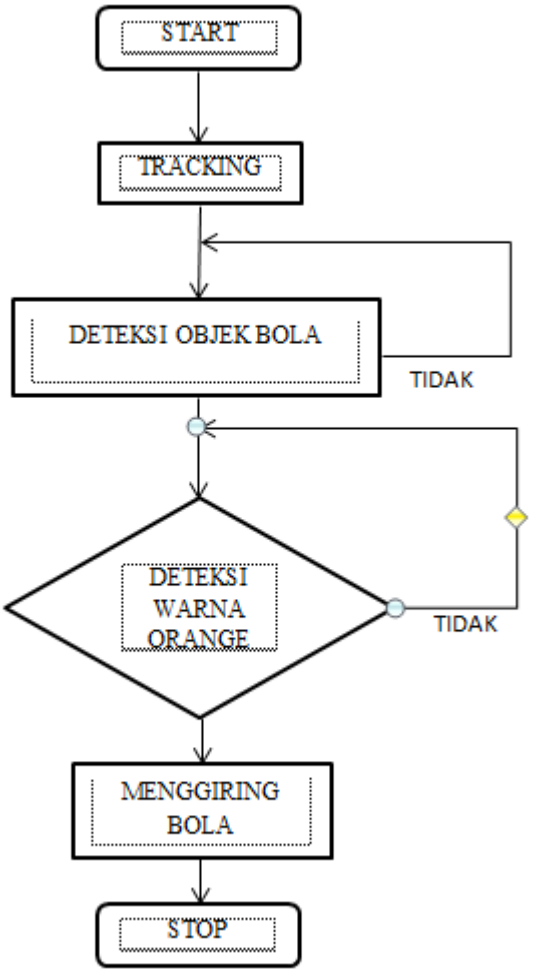
Pada rancangan robot diatas, menggunakan akrilik yang menjadi rangka dari robot yang telah dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai rangka dari robot untuk meletakkan beberapa komponen yang akan digunakan. Akrilik yang digunakan sebagai rangka dari robot mempunyai panjang 25cm, lebar 25cm dan ketebalan 3mm. Adapun untuk tempat kamera, juga menggunakan akrilik yang dibentuk. Untuk posisi kamera ditempatkan pada posisi bagian depan dari robot agar dapat mendeteksi bola dengan baik.

3. Rancangan Komputer Vision

Pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Python. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat *interpreter*, *interaktif*, *objek-oriented*, dan dapat beroperasi di hampir semua platform: *Mac*, *Linux*, dan *Windows*. *Python* adalah bahasa pemrograman yang mudah dipelajari karena sintaksnya yang jelas, dapat dikombinasikan dengan penggunaan modul siap pakai, dan struktur data tingkat tinggi yang efisien.

Open Computer Vision (*OpenCV*) adalah pustaka sumber terbuka yang tujuannya dikhususkan untuk melakukan pemrosesan gambar. Maksudnya agar komputer memiliki kemampuan yang mirip dengan cara pemrosesan visual pada manusia. *OpenCV* telah menyediakan banyak algoritma visi komputer dasar. *OpenCV* juga menyediakan modul deteksi objek yang menggunakan metode *computer vision* (Zulkhaidi dkk, 2020).

4. Flowchart Rancangan Robot Penggiring Bola



Gambar 3. 4 Diagram Alir Mekanik Robot Penggiring Bola

Adapun prinsip kerja pada flowchart di atas adalah dimulai dengan start, kemudian bergerak mencari bola dengan cara mendeteksi objek dan bola berwarna orange, jika gagal maka akan kembali bergerak mencari bola. Kemudian robot melakukan tracking yaitu menggiring bola dan berhenti ditempat yang telah ditentukan pada program.

E. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pertama dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan data serta informasi menggunakan bahan perpustakaan serta referensi sumber-sumber menjadi landasan teori yang mengenai perancangan Robot penggiring bola berdasarkan warna berbasis Komputer Vision. Tahapan kedua yaitu Desain dan perancangan sistem dilakukan dengan menggambarkan rencana serta membuat sketsa serta pengaturan beberapa bagian terpisah kedalam satu kesatuan yang utuh serta bermanfaat.

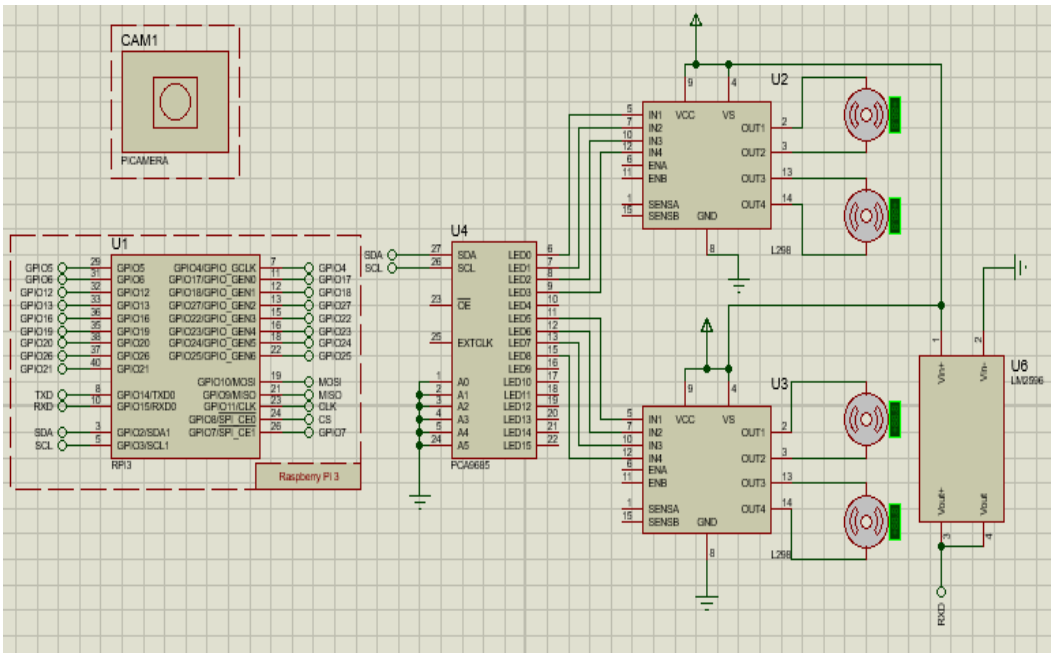
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Robot pernggiring bola berdasarkan warna berbasis komputer vision pada dasarnya terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan keras (*hardware*), perancangan lunak (*software*) dan pengunjian robot komputer vision.

A. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras robot penggiring bola berdasarkan warrna berbasis komputer vision terdapat beberapa komponen yang digunakan. Komponen-komponen yang digunakan dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini.



Gambar 4. 1 Blok Diagram Perancangan

Adapun penjelasan dari komponen-komponen yang digunakan pada perancangan ini adalah sebagai berikut.

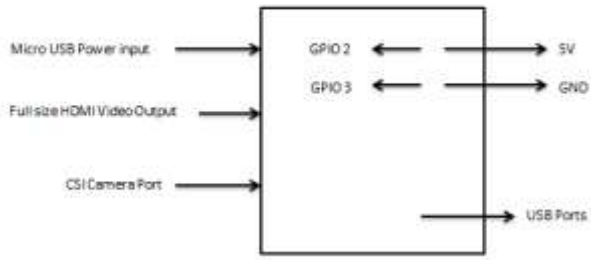
1. Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan pada perancangan ini adalah jenis raspberry pi3. Raspberry pi3 berfungsi sebagai otak pengontrol dari suatu sistem atau pengendali dari suatu komponen elektronika. Bentuk fisik dari raspberry pi3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Board Raspberry PI3

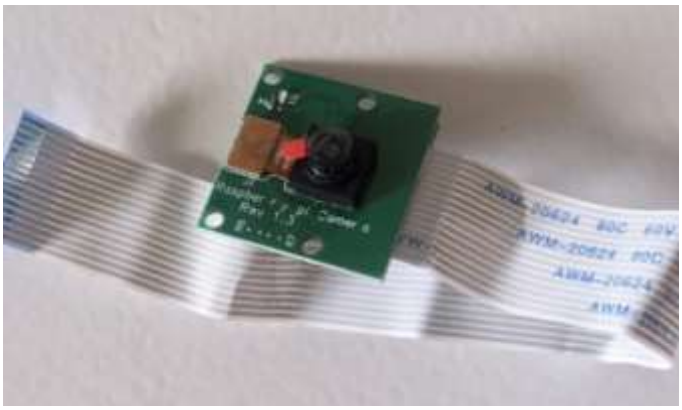
Pada raspberry PI3 terdapat beberapa pin yaitu 40 pin dimana untuk pin *GPIO* ada 26 pin. Ada beberapa pin yang digunakan pada perancangan ini yaitu pin *GPIO2*, *GPIO3*, 5V dan *GND*. Adapun bagian lain yang digunakan seperti Micro USB Power Input, *CSI* Camera *Port*, Full Size *HDMI* Video Output dan USB *Ports*. Pin tersebut dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 4.3 Rangkaian Raspberry PI3

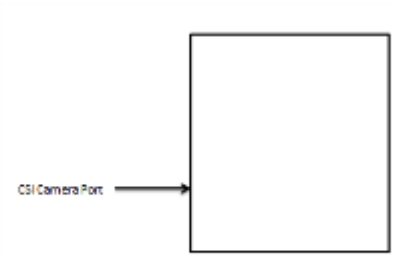
2. Kamera Raspberry PI

Kamera yang diigunakan pada perancangan ini adalah jenis kamera raspberry pi yang berfungsi untuk mengambil citra gambar yang akan dideteksi. Untuk mengkoneksikan kamera dengan raspberry pi menggunakan kabel *CSI Camera port* pada raspberry PI3.



Gambar 4. 4 Kamera Raspberry

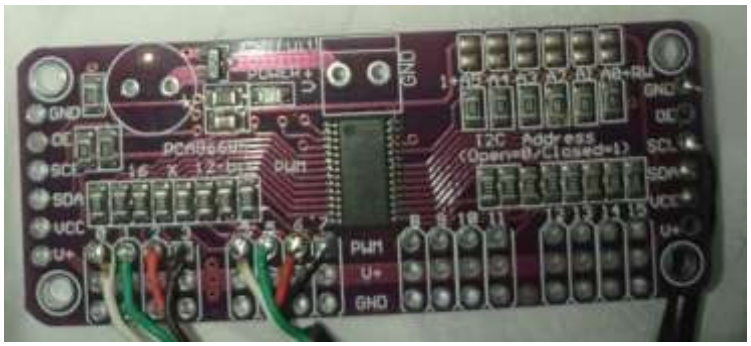
Pada perancangan ini digunakan kamera raspberry pi yang dipasang pada sisi depan robot untuk mempermudah dalam pendeteksian. Kamera Raspberry pi ini dihubungkan ke board rasperry pi3 seperti pada gambar rangkaian dibawah ini.



Gambar 4. 5 Rangkaian Kamera Raspberry PI

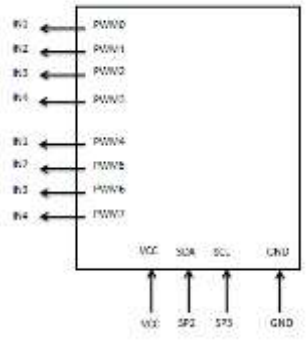
3. Modul PCA9685

Modul PCA9685 digunakan untuk mengontrol 16 saluran yang dapat mengontrol keluaran *PWM* melalui I2C. modul ini dapat menggerakkan keluaran *PWM* dengan frekuensi yang dapat disesuaikan dan kompatibel dengan mirokontroler 5V dan 3.3V.



Gambar 4. 6 Modul PCA 9685

Modul PCA9685 dihubungkan ke bus *I2C* (*GPIO2/GPIO3*) dari raspberry pi3 sebagai masukan untuk memberikan perintah ke *PWM*, kemudian memberikan keluaran pada motor driver. Modul PCA9685 menggunakan 8 (delapan) buah pin yaitu *pwm0, pwm1, pwm2, pwm3, pwm4, pwm5, pwm6* dan *pwm7*. Rangkaian modul PCA9685 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 7 Rangkaian PCA9685

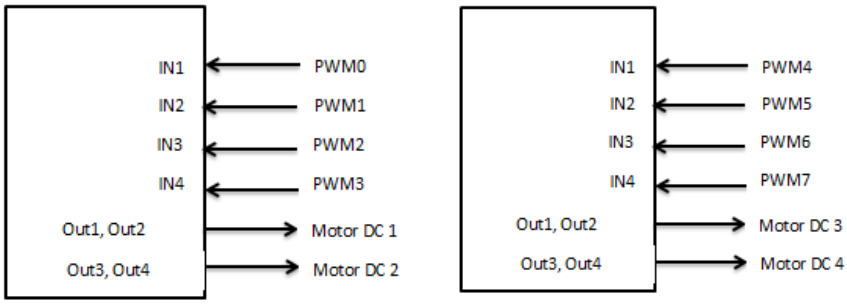
4. Motor Driver L298N

Motor *driver* yang digunakan adalah jenis motor *driver* L298N yang berfungsi untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC. Bentuk fisik dari motor *driver* L298N dapat dilihat pada gambar ini.



Gambar 4. 8 Motor Driver L298N

Pada penelitian ini menggunakan 2 (dua) buah motor driver untuk menggerakkan motor DC. Setiap motor driver memiliki 6 (enam) buah pin yang dihubungkan ke raspberry pi3 yaitu pin *ENA, ENB , IN1, IN2, IN3, IN4* seperti pada gambar rangkaian yang tertera dibawah ini:



Gambar 4. 9 Rangkaian Motor Driver

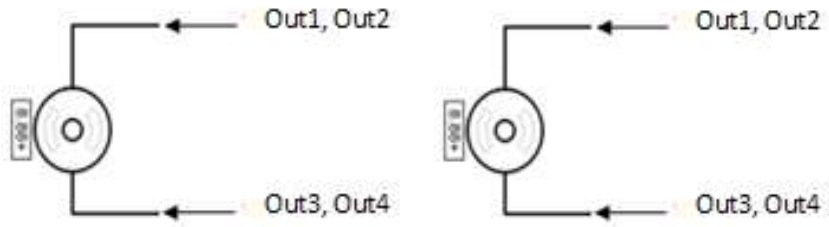
5. Motor DC

Adapun aktuator yang digunakan adalah motor DC yang berfungsi untuk menggerakkan roda yang dikontrol oleh mikrokontroler. Bentuk fisik dari motor DC padat dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 4. 10 Motor DC

Motor DC ini kemudian dihubungkan ke output motor *driver*, dapat dilihat seperti pada gambar rangkaian dibawah ini.



Gambar 4. 11 Rangkaian Motor DC

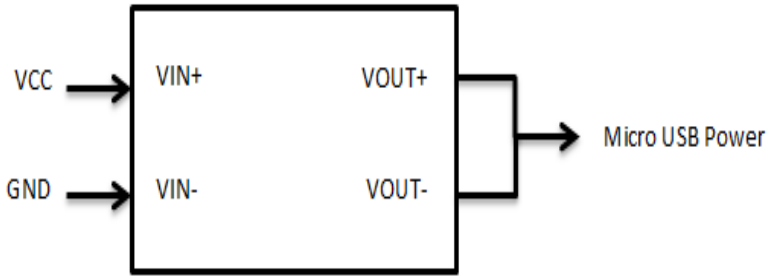
6. Stepdown LM2596

Stepdown yang digunakan adalah *stepdown* LM2596 yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan tiggi ke tegangan yang rendah dan menyesuaikan kebutuhan tegangan yang dibutuhkan oleh komponen lainnya. *Stepdown* LM2596 ini dilengkapi dengan voltmeter untuk mengetahui tegangan yang mengalir pada rangkaian.



Gambar 4. 12 Stepdown LM2596

Pada *stepdown* lm2596 ini menggunakan 4 (empat) buah pin yaitu Vout+, Vout-, Vin+ dan Vin- yang dihubungkan ke raspberry pi3 dan motor *driver* seperti pada gambar rangkaian berikut.

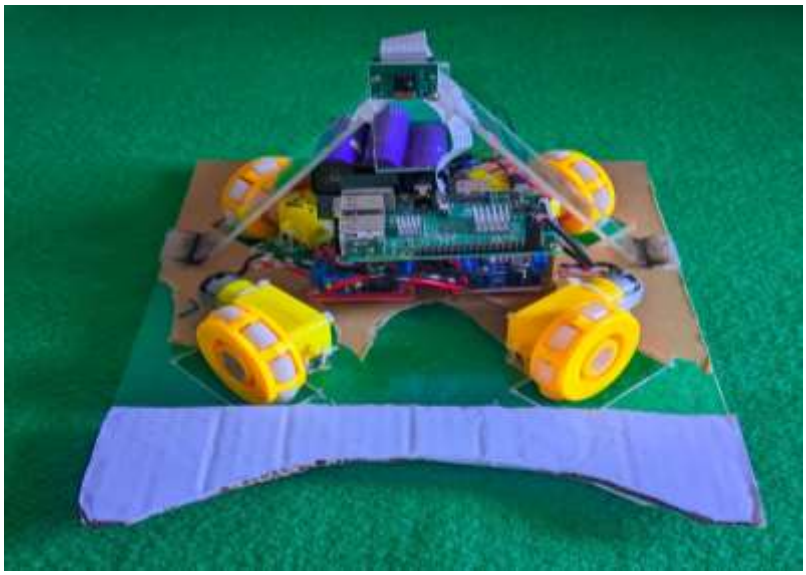


Gambar 4. 13 Rangkaian *Stepdown* LM2596

Tabel 4. 1 Pola Perancangan

Raspberry pi3	**kamera**	**Modul PCA9685**	**Stepdown LM2596**	**Motor Driver**	**Motor DC**
CSI Camera	CSI Camera	-	-	-	-
Micro USB Power Input	-	-	VOUT+, VOUT-	-	-
GPIO 2	-	SDA	-	-	-
GPIO 3	-	SCL	-	-	-
5V	-	VCC	-	-	-
GND	-	GND	-	-	-
	-	PWM 0	-	IN1	-
	-	PWM 1	-	IN2	-
	-	PWM 2	-	IN3	-
	-	PWM 3	-	IN4	-
	-	PWM 4	-	IN1	-
	-	PWM 5	-	IN2	-
	-	PWM 6	-	IN3	-

Raspberry pi3	kamera	Modul PCA9685	Stepdown LM2596	Motor Driver	Motor DC
	-	PWM 7	-	IN4	-
	-	-	-	Out1, Out2	Motor DC 1
	-	-	-	Out3, Out4	Motor DC 2
	-	-	-	Out1, Out2	Motor DC 3
	-	-	-	Out3, Out4	Motor DC 4



Gambar 4. 14 Perancangan Perangkat Keras

B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan software atau perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan aplikasi yaitu *python*. *Python* digunakan untuk mengirim program yang berisi kode yang telah dibuat kemudian di uplad kedalam papan *raspberry pi3*. Perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk mengatur cara kerja input dan output dari perangkat.

Perancangan perangkat lunak pada robot penggiring bola berdasarkan warna berbasis komputer vision ini menggunakan Open Komputer Vision (*Open CV*). Penggunaan *Open CV* bertujuan untuk memproses gambar yang akan dideteksi menggunakan kamera raspberry. Pembuatan program pendeteksian objek warna tergantung dari kode warna yang akan dideteksi.

```
# Fungsi untuk mendeteksi bola
def detect_ball(frame):
    hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    lower_orange = np.array([5, 100, 20])
    upper_orange = np.array([25, 255, 255])
    mask = cv2.inRange(hsv, lower_orange, upper_orange)
    mask = cv2.erode(mask, None, iterations=2)
    mask = cv2.dilate(mask, None, iterations=2)
    contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL,
      cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

Proses deteksi objek warna dengan menggunakan modul kamera raspy melalui beberapa tahap yaitu mendeteksi objek dalam *frame* menggunakan deteksi warna dengan kode *detect_ball(frame)*. Setelah kamera mampu mendeteksi objek maka dilanjutkan dengan mengkonversi frame dari *BGR(Blue Green Red)* ke *HSV(Hue Saturatiion Value)* dengan memasukkkan kode program *cv2.COLOR_BGR2HSV*. Kemudian setelah mengkonversi *frame* tadi maka selanjutnya mendefinisikan batasan warna untuk mendeteksi bola berwarna orange dimana batasan warna ini ada dua yakni batasan warna bawah(*lower*) dengan nilai [5, 100, 20] dan batasan warna atas(*upper*) dengan nilai [25, 255, 255]. Kemudian membuat *mask* untuk area yang memiliki warna dalam rentang

tertentu dengan kode *cv2.inRange*. Setelah pembuatan *mask* ada kemungkinan gangguan pada pendeteksian, maka diperlukan beberapa kode seperti untuk mengurangi gangguan pada *mask* maka dimasukkan kode *cv2.erode*, untuk mengembalikan ukuran yang sesuai maka dimasukkan kode *cv2.dilate* dan untuk menemukan kontur pada *mask* maka dimasukkan kode *cv2.findContours*.

```
if contours:
        largest_contour = max(contours, key=cv2.contourArea)
        ((x, y), radius) = cv2.minEnclosingCircle(largest_contour)
        M = cv2.moments(largest_contour)
           center = (int(M["m10"] / M["m00"]), int(M["m01"] / 
      M["m00"]))
        if radius > 10:
             cv2.circle(frame, (int(x), int(y)), int(radius),(0, 
      255, 255), 2)
            cv2.circle(frame, center, 5, (0, 0, 255), -1)
            return (int(x), int(y), int(radius), str(center))
    return None
```

Tahap selanjutnya setelah menemukan kontur pada *mask* maka dilanjutkan memilih kontur terbesar, yang diasumsikan sebagai bola dengan kode *largest_contour = max(contours, key=cv2.contoueArea)* kemudian menghitung lingkaran minimum yang melingkupi kontur dengan kode *cv2. MinEnclosingCircle(largest_coontour)* dan melakukan perhitungan momen dari kontur untuk menentukan pusatnya dengan *kode cv2.moments(largest_contour).* Tahap selanjutnya menentukan radius yaitu menggambar lingkungan pada *frame* disekitar bola yang terdeteksi dengan kode *cv2.circle(radius)* dan menandai pusat

bola dengan lingkaran kecil berwarna merah dengan kode *cv2.circle(center)* agar bola nantinya dapat dilacak oleh kamera.

```
# Setup dan inisialisasi kamera
cap = cv2.VideoCapture(0)
if x < 20 and x > 0:   err = 11
    elif x < 40 and x > 20:   err = 9
    elif x < 60 and x > 40:   err = 7
    elif x < 80 and x > 60:   err = 5
    elif x < 100 and x > 80:   err = 3
    elif x < 120 and x > 100:   err = 2
    elif x < 130 and x > 120:   err = 1
    elif x > 130 and x < 510 :  err = 0
    # elif x > 320 :  err =  8  #center
    elif x > 510 and x < 550 :  err = -1
    elif x > 550 and x < 570:  err = -2
    elif x > 570 and x < 590:  err = -3
    elif x > 590 and x < 610:  err = -5
    elif x > 610 and x < 620:  err = -7
    elif x > 620 and x < 630:  err = -9
    #elif x > 630 and x < 640:  err = -13
    else: err =-11
```

Tahap berikutnya dilakukan inisiasi kamera untuk mengambil video dengan kode *cap = cv2.VideoCapture*. Kemudian mengatur *error* berdasarkan posisi x dari bola untuk mengetahui posisi ideal ditengah layar.

```
try:
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            break
        frame = cv2.rotate(frame, cv2.ROTATE_180)
        cv2.line(frame,(130,0), (130,640,), (255, 255,0 ), 1)
        cv2.line(frame,(510,0), (510,640,), (255, 255,0 ), 1)
        ball = detect_ball(frame)
        if ball:
            x,y,_,_= ball
            # follow_ball(frame, ball)
            mv = pid_control(x)
            follow_ball(mv)
        else:
            print('tidak ada bola')
        cv2.imshow('Frame', frame)
```

Setelah kamera bisa mengambil video maka dilanjutkan dengan membaca frame dari kamera dengan kode cap.read dan untuk membalikkan *frame* kamera menjadi 180 derajat maka dimasukkan kode *cv.rotate(cv.ROTATE_180)*. Adapun untuk menambahkan garis pada kamera maka dimasukkan kode *cv2.line* untuk membagi beberapa bagian pada tampilan kamera. Tahap selanjutnya mendeteksi bola dengan kode *detect_ball* dan untuk mengikuti bola dimasukkan kode *follow_ball*.

C. Pengujian Pergerakan Robot Penggiring Bola

1. Pengujian penggiringan robot

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan robot dalam menggiring bola dengan menentukan titik star robot dan titik finish pada robot ketika melakukan penggiringan. Adapun jarak penggiringan dari robot yakni jarak 0,5 meter, 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter.

Tabel 4. 2 Pengujian Penggiringan

Pengujian ke	Jarak (m)	Keterangan
1	0,5	berhasil
	1	berhasil
	1,5	berhasil
	2	berhasil
2	0,5	berhasil
	1	berhasil
	1,5	berhasil
	2	berhasil
3	0,5	berhasil
	1	berhasil
	1,5	berhasil
	2	berhasil
4	0,5	berhasil
	1	berhasil
	1,5	berhasil
	2	berhasil

Hasil yang didapatkan dari pengujian ini adalah ketika menggiring bola dijarak 0,5 meter dengan 5 kali pengujian, robot berhasil menggring bola. Untuk jarak 1 meter dalam 5 kali pengujian robot berhasil menggiring bola. Kemudian untuk jarak 1,5 meter dalam 5 kali pengujian robot berhasil menggiring. Dan untuk jarak 2 meter dalam 5 kali pengujian robot berhasil menggiring bola.

Adapun untuk kendala pada saat pengujian penggiringan ini adalah kondisi lapangan yang tidak rata dapat mempengaruhi jalannya robot ketika menggiring. Kendala lainnya yakni kondisi sekitar area pengujian robot yang berwarna mirip dengan bola juga dapat mempengaruhi robot pada saat melakukan penggiringan.

2. Pengujian pergerakan ban pada pendeteksian robot

Pada pengujian ini dilakukan dengan menempatkan bola dibeberapa sisi pendeteksian mulai dari sisi kiri, sisi kanan dan sisi tengah robot. Untuk pengambilan data pada pengujian ini dengan mengamati pergerakan ban ketika bola berada di posisi yang telah ditentukan, setelah robot dijalankan akan diketahui ban yang bergerak maju dan ban yang bergerak mundur. Dari data tersebut dapat dillihat dari beberapa tabel dibawah ini.

Tabel 4. 3 Bola di posisi kiri

Roda	keterangan
1	Mundur
2	Maju
3	Berhenti
4	Maju

Tabel 4. 4 Bola di posisi kanan

Roda	keterangan
1	Maju
2	Mundur
3	Maju
4	Berhenti

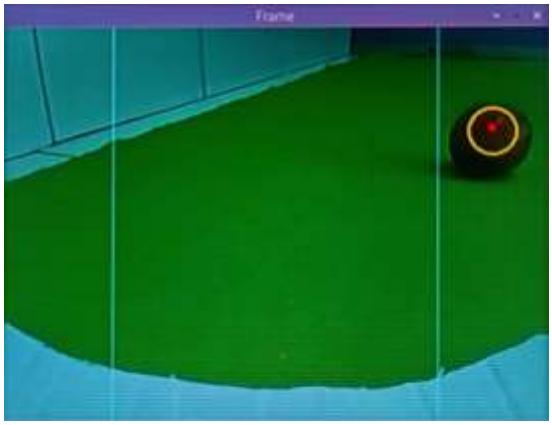
Tabel 4. 5 Bola di posisi tengah

Roda	keterangan
1	Maju
2	Maju
3	Maju
4	Maju

Adapun untuk hasil gambar pendeteksian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 15 Bola di posisi kiri

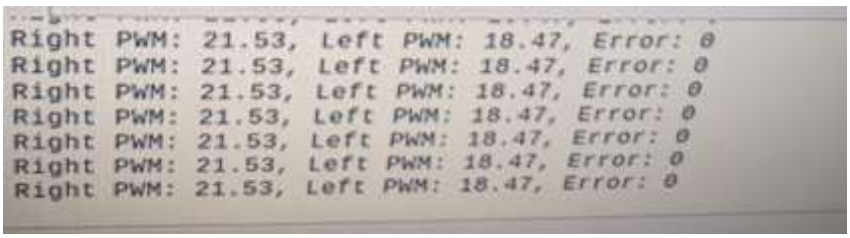


Gambar 4. 16 Bola di posisi kanan

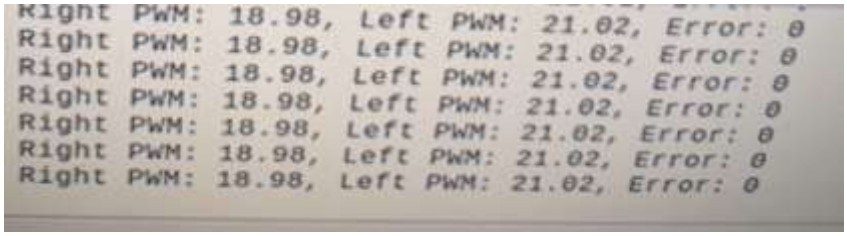


Gambar 4. 17 Bola di posisi tengah

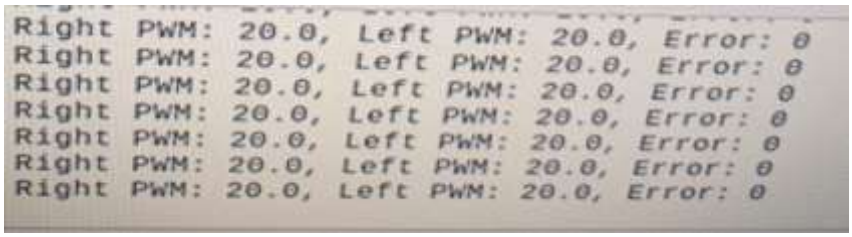
Pada gambar diatas menghasilkan nilai *pwm* ketika melakukan pendeteksian seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. 18 Nilai *PWM* ketika bola di posisi kiri



Gambar 4. 19 Nilai *PWM* ketika bola di posisi kanan

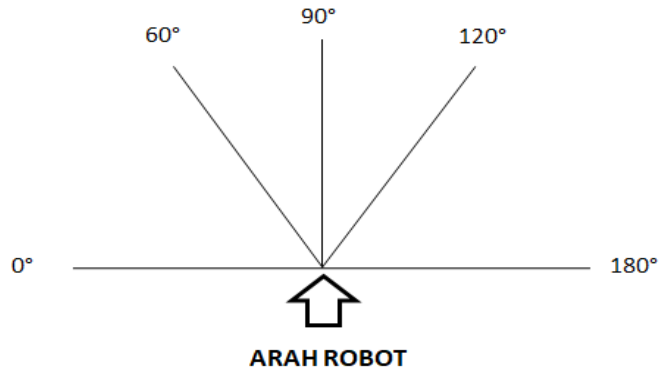


Gambar 4. 20 Nilai *PWM* ketika bola di posisi tengah

Pada pengujian yang dilakukan, hasil yang didapatkan adalah ketika posisi bola berada pada bagian kiri kamera maka menghasilkan nilai *right pwm* yang tinggi dan nilai *left pwm* rendah, ketika posisi bola berada pada bagian kanan kamera maka menghasilkan nilai *right* rendah dan nilai *left* tinggi, dan ketika posisi bola berada dibagian tengah kamera maka menghasilkan nilai *right* pwm dan nilai *left* pwm yang sama.

3. Menentukan sudut pendeteksian kamera

Untuk dapat mengetahui sudut maksimal pendeteksian kamera robot yang telah dirancang maka dilakukan pengujian dengan cara mengarahkan robot kearah sudut 90° untuk mengetahui batas pendeteksian kamera dengan kondisi robot belum dijalankan.



Gambar 4. 21 Sudut Pendeteksian

Pada pengujian ini dapat dilihat sudut maksimal pendeteksian dari kamera yakni 120° dibagian kanan dan 60° dibagian kiri dengan kondisi robot berhenti. Adapun untuk mendeteksi bola pada beberapa sudut lainnya, diperlukan *tracking* dimana nantinya robot akan mencari bola diluar sudut maksimal pendeteksian.

4. Mencoba Mendeteksi Bola Berwarna Lain

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pendeteksian kamera raspberry dengan menggunakan bola yang berwarna hitam, putih dan biru. Dan menghasilkan tabel dan gambar sebagai berikut :

Tabel 4.6 Pengujian Bola Berwarna Lain

Warna Bola	keterangan
Hitam	Tidak Terdeteksi
Putih	Tidak Terdeteksi
Biru	Tidak Terdeteksi

Adapun gambar hasil dari pendeteksian kamera dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4. 22 Pendeteksian Bola Hitam



Gambar 4. 23 Pendeteksian Bola putih



Gambar 4. 24 Pendeteksian Bola Biru

Hasil yang didapatkan dari pendeteksian kamera raspberry adalah pada bola berwarna hitam tidak terdeteksi oleh kamera, untuk bola berwarna putih tidak dapat dideteksi kamera dan juga bola berwarna biru tidak mampu dideteksi oleh kamera.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian pada robot penggiring bola berdasarkan warna berbasis komputer vision didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Robot bergerak mendeteksi objek bola berwarna orange dengan menggunakan kamera raspberry.
2. Berdasarkan hasil pengujian penggiringan robot, dihasilkan robot dapat menggiring objek bola dengan baik. Adapun jarak yang pengujian yakni jarak 0,5m sampai 2m, dimana waktu yang didapatkan dari penggiringan tersebut bervariasi tergantung dari posisi bola dan posisi robot saat memulai pergerakan. Kondisi lapangan untuk *tracking* dan area sekitar yang berwarna mirip bola sangat berpengaruh terhadap jalannya robot untuk melakukan penggiringan bola.
3. Ada tiga pembagian posisi kamera yang dapat dilihat dimonitor ketika mendeteksi yakni sisi kiri dengan sudut maksimal pendeteksian 60°, sisi kanan dengan sudut 120° dan untuk sisi tengah mendeteksi sudut maksimal 30° ketika robot berhenti.

B. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan pendeteksian gawang dan penendang pada robot agar dapat menghasilkan robot sepakbola yang sempurna dan juga dapat digunakan pada kontes robot.
2. Sebaiknya menggunakan raspberry pi4 yang memiliki *cpu* yang lebih baik dengan pemprosesan dan kinerja yang lebih baik.
3. Semoga skripsi ini dapat menjadi bahan edukasi baik untuk penulis ataupun pembaca dan semoga skirpsi ini dapat menjadi edukasi, referensi pembelajaran dan pengembangan dalam bidang robotika.

DAFTAR PUSTAKA

Sahertian, J. & Verlianto, M, M (2018). Sistem pendeteksian bola pada robot sepakbola beroda berbasis filter warna. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 116-119.

Prabowo, D., A Abdullah, A., Manik, A (2018). DETEKSI DAN PERHITUNGAN OBJEK BERDASARKAN WARNA MENGGUNAKAN COLOR OBJECT TRACKING. *Jurnal Pseudocode*. 5(2): 85-91.

Khamdi, N., Susantok, M., Leopard, P. (2017). Pendeteksian Objek Bola Dengan Metode Color Filtering HSV Pada Robot Soccer Humanoid. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 6(2): 124 – 126.

Bustami, M, I., Saputra, C., Kisbiatnty, D., & Prakarsa, A, P (2023). Implementasi Algoritma SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) dan Algoritma Kalman Filter dalam Mendeteksi Objek Bola. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*. 18(1): 72-83.

Sutarti, Samsuni, S., Asseghaf, I. (2019). Sistem Keamanan Rumah melalui Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam dan Library Opencv Berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Dinamika Informatika*. 8(2) 13-26.

Barus, E, E., Louk, A, C., & Pinggak, R, K (2018). Otomotisasi Sistem Kontrol pH Dan Informasi Suhu Pada Akuarium Menggunakan Arduino Uno Dan Raspberry pi 3. *Jurnal Fisika*. 3(2): 117-125.

Setiawan, F, B., Wibowo, Y, Y, C., Pratomo, L, H,. dan Riyadi, S. (2022). Perancangan Automated Guided Vehicle Menggunakan Penggerak Motor DC dan Motor Servo Berbasis Raspberry Pi 4. *Jurnal Rekayasa elektrika*, 18(2): 94-101.

Pramono, B, A., Hendrawan, A., & Daru, A, F. (2019). Raspberry PI Dengan Modul Kamera DN Motion Sensor Sebagai Solusi CCTV Lab FTIK UNIV.Semarang. *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*. 14(1): 5-9.

Sumardi (2019). Keamanan Kendaraan Bermotor Menggunakan Sms Dengan Gps Tracking Berbasis Arduino. *Jurnal Metik*. 3(1): 1-9.

Nugraha, M, F., Ramdhani, M,. & Nugraha, R (2019). Perancangan dan Kontrol Kaki Pada Robot Pemanjat dinding. *e-Proceeding of Enginering*. 6(1): 143-156.

Sitompul, J., Bustami, M, I., & Kisbianty, D. (2022). Implementasi Algoritma Haar Cascade Classifier Dalam Mendeteksi Robot Sepak Bola Beroda. *Jurnal Media Informasi Budidarma*. 6(4): 2032-2039.

Muhammad, F, A., & Adinandra, S. (2019). Sistem Navigasi Robot Beroda Menggunakan Omnidirection Camera. 1-5.

Zulkhaidi, T, C, A., Maria, E., & Yulianto (2020). Pengenalan Pola Bnetuk Wajah dengan OpenCV. *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI*). 3(2): 181-186.

Dwisaputra, A, D., Yumono, F., & Yuliana, D, E (2021). Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan Fuzzy Logic Controller Pada Ayunan Bayi. *Journal of Application and Science on Electrical Engineering* (*JASEE*). 2(1): 1-14.