

ROBOT LINE FOLLOWER WITH ARM MENGGUNAKAN ARDUINO UNO R3

Herbert A. Tambunan¹, Monfride R Simanjuntak²

^{1,2}AMIK Parbina Nusantara, Jl. Pane No. 34 Pematangsiantar, 0622-434084, Indonesia

^{1,2}Teknik Informatika, AMIK Parbina Nusantara, Pematangsiantar, Indonesia e-

mail: herbert_tambunan@amikparbinanusantara.ac.id,

s.monfride@yahoo.com

Abstrak

Perancangan Robot *Line Follower with Arm* bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah robot yang memiliki kemampuan untuk mengikuti lintasan secara otomatis serta dilengkapi dengan sebuah manipulator lengan (Arm) untuk menjalankan tugas-tugas tertentu. Tugas akhir ini mencakup tahap perancangan mekanik robot, pengembangan algoritma kendali untuk *line follower*, dan pengembangan algoritma kendali untuk manipulator lengan. Robot ini akan diperlengkapi dengan berbagai sensor seperti sensor inframerah untuk deteksi lintasan, sensor *Ultrasonic* untuk deteksi pengukuran jarak, dan sensor-sensor lain yang relevan dengan operasi robotik. Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan adalah sebuah robot yang mampu mengikuti lintasan dengan akurasi tinggi serta memiliki kemampuan untuk mengambil, mengangkat, dan memanipulasi objek sesuai dengan tujuan yang ditentukan. Pembuatan Tugas Akhir ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang robotika, serta membantu mengatasi berbagai tantangan dalam pengaplikasian robotika di berbagai industri dan sektor. Dan pengembangan teknologi robotika diharapkan yang lebih canggih dan serbaguna.

Kata kunci: Mikrokontroler, Arduino Uno, Arduino IDE, Sensor Infrared, sensor Ultrasonik

ABSTRACT

The design of the Line Follower Robot with Arm aims to design and develop a robot that has the ability to follow the trajectory automatically and is equipped with an arm manipulator (Arm) to carry out certain tasks. This final project includes the stages of robot mechanical design, development of control algorithms for line follower, and development of control algorithms for arm manipulators. This robot will be equipped with various sensors such as infrared sensors for path detection, ultrasonic sensors for distance measurement detection, and other sensors relevant to robotic operations. The result of this final project is expected to be a robot that is able to follow the trajectory with high accuracy and has the ability to pick up, lift and manipulate objects according to the intended purpose. Making this Final Project can also be the basis for further development in the field of robotics, as well as help overcome various challenges in the application of robotics in various industries and sectors. And the development of robotics technology is expected to be more sophisticated and versatile.

Keywords: *Microcontroller, Arduino Uno, Arduino IDE, Infrared Sensor, Ultrasonic sensor*

1. PENDAHULUAN

Robot adalah bentuk dari kemajuan teknologi, teknologi yang dikembangkan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu dengan cepat dengan menjalankan perintah yang telah diberikan. Begitu banyak jenis sensor yang dapat digunakan dalam perkembangan robot *Line follower* selain sensor garis untuk mengikuti garis atau lintasan dan memindahkan barang melainkan juga sensor lain seperti sensor Penghalang (*Obstacle Sensors*). Sensor penghalang digunakan untuk mendeteksi dan menghindari rintangan di sekitar robot, selanjutnya sensor berat digunakan untuk mengukur beban atau berat yang ditangani oleh robot dan juga sensor warna digunakan untuk mendeteksi perbedaan warna pada lintasan atau objek yang dilalui oleh robot. Penting untuk merancang dan mengintegrasikan komponen elektronika dengan baik agar robot *line follower* dapat berfungsi secara optimal. Selain itu, pemilihan komponen yang tepat, perencanaan daya yang baik, dan pemrograman yang efektif juga merupakan faktor penting dalam membangun robot *line follower* yang sukses. Berawal dari pemikiran diatas maka digagas untuk membangun sebuah **Robot Line follower arm berbasis arduino UNO** untuk mengikuti garis dan mengendalikan lengan robot yg digunakan sebagai pengambil dan pembawa barang yang dapat bergerak secara otomatis

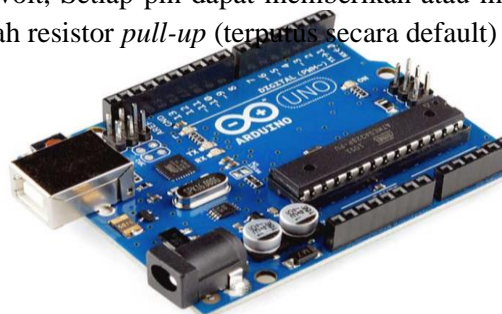
2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengertian Robot Line Follower With ARM

Robot *Line follower with arm* merupakan robot yang memiliki kemampuan untuk mengikuti jalur atau garis menggunakan sensor dan dilengkapi dengan lengan mekanik yang dapat digunakan untuk mengambil dan memindahkan objek. Robot *line follower with arm* dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti di industri untuk mengangkat barang dari satu tempat ke tempat lain secara otomatis tanpa perlu dikendalikan oleh manusia, sehingga dapat mengurangi risiko kesalahan manusia yang sering terjadi.

2.2 Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack *power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalwrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor *pull-up* (terpauts secara default) 20-50 kOhm.



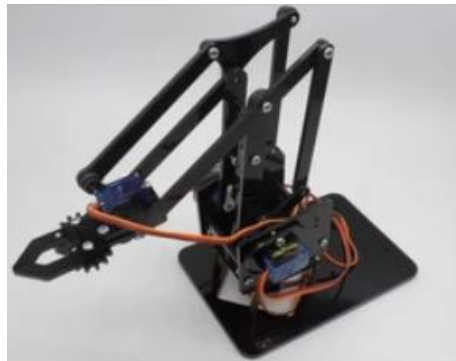
Gambar 2.1 Arduino UNO

2.3 Kerangka Line Follower with arm

Kerangka Robot adalah kerangka fisik yang membentuk tubuh robot. Ini bisa terbuat dari berbagai jenis bahan seperti logam, akrilik, atau plastik. *Frame* memberikan kerangka dasar yang kokoh dan

stabil untuk menyatukan semua komponen robot. *Frame* juga memberikan tempat yang tepat untuk penempatan komponen-komponen robot, termasuk motor penggerak, roda, sensor, dan aktuator. Penempatan yang tepat dan stabil pada *frame* dapat mempengaruhi kinerja robot dalam mengikuti garis dan melakukan tugas lainnya. Ini memungkinkan integrasi yang mudah dari sistem mekanik, elektronik, dan sensorik yang diperlukan untuk menggerakkan dan mengontrol robot.

Jadi, dalam konteks robotika, *frame* mengacu pada kerangka atau struktur fisik yang membentuk tubuh robot dan berfungsi sebagai pendukung untuk komponen robot lainnya.



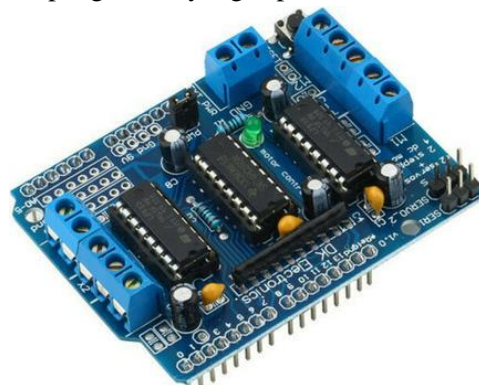
Gambar 2.2 Kerangka Robot *Line Follower*

2.4 Motor *Driver* atau L293

Motor *driver* adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi mengendalikan dan menggerakkan motor listrik. Motor *driver* bertugas untuk mengatur daya, arus, dan tegangan yang diperlukan oleh motor, serta mengubah sinyal kontrol menjadi gerakan motor yang diinginkan. Motor *driver* memberikan daya dan tegangan yang sesuai untuk menggerakkan motor. Motor *driver* dapat mengubah tegangan masukan menjadi tegangan yang sesuai dengan spesifikasi motor dan mengatur arus yang mengalir ke motor, sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Hal ini penting untuk melindungi motor dari arus berlebih yang dapat merusaknya. Motor *driver* juga menerima sinyal kontrol, biasanya dari mikrokontroler atau sistem pengendali lainnya, dan mengubahnya menjadi gerakan motor yang diinginkan. Motor *driver* menerjemahkan sinyal kontrol menjadi sinyal yang dapat dimengerti oleh motor.

Motor *driver* sering dilengkapi dengan fitur perlindungan tambahan untuk melindungi motor dan perangkat lainnya. Contohnya adalah perlindungan terhadap arus berlebih, tegangan berlebih, suhu berlebih, dan perlindungan terhadap gangguan atau kesalahan lainnya. Motor *driver* dapat digunakan dengan berbagai jenis motor, seperti motor DC, motor stepper, motor servo, dan motor BLDC (Brushless DC). Jenis motor driver yang digunakan akan disesuaikan dengan jenis motor yang diendalikan dan persyaratan aplikasi yang spesifik.

Dengan adanya motor driver, pengendalian motor menjadi lebih efisien dan fleksibel. Motor *driver* memungkinkan penggunaan sinyal kontrol yang kompatibel dengan sistem pengendali, serta memberikan perlindungan dan fitur pengaturan yang diperlukan untuk menjaga kinerja dan keandalan motor.



Gambar 2.3 Motor *Driver*

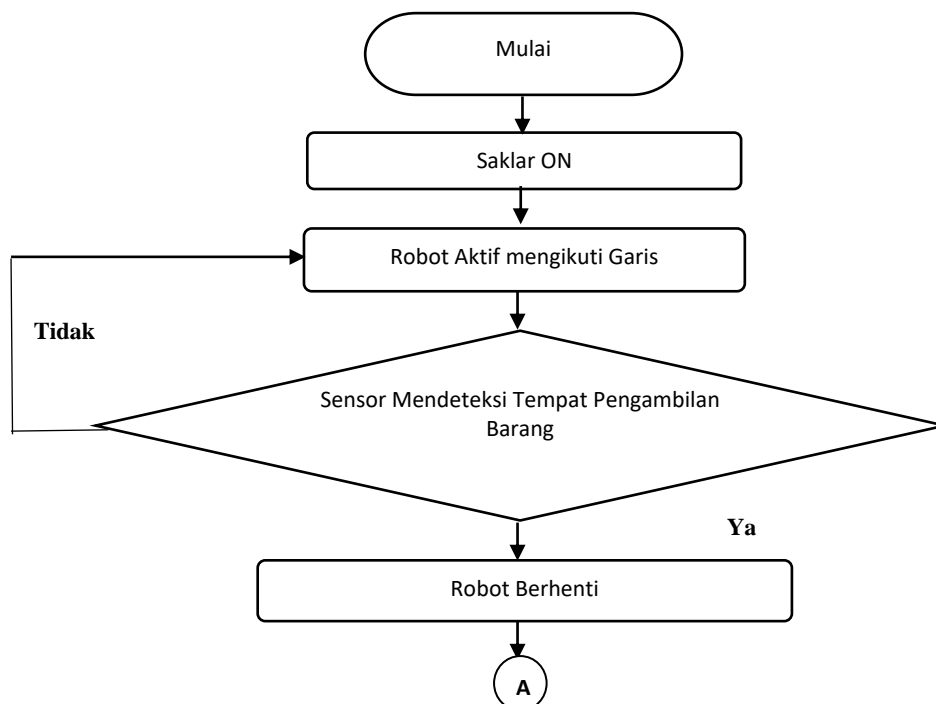
2.5 Baterai

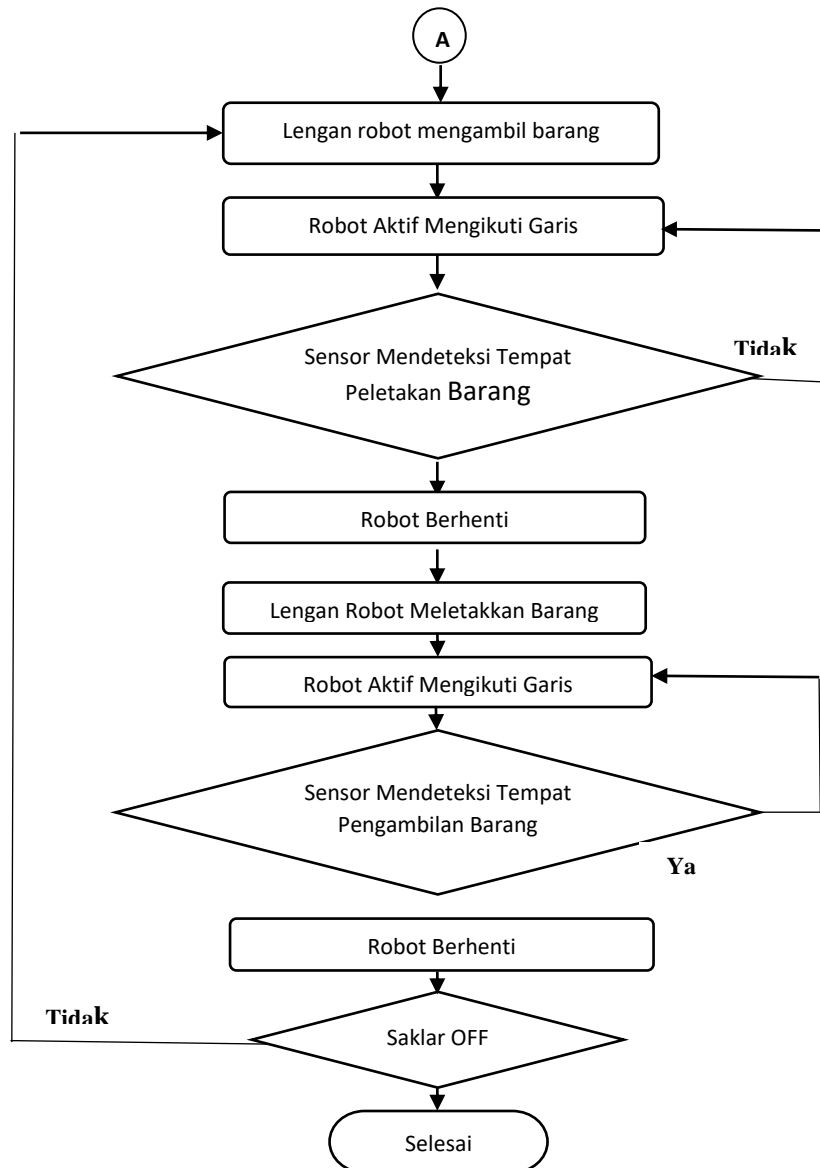
Menurut dari Jurnal (Baterai Sebagai et al., 2021) Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia kemudian diubah menjadi energi listrik untuk memperoleh arus listrik yang diperlukan sehingga dapat digunakan menghidupkan peralatan yang diperlukan, seperti strika, *rice cooker*, mengerakkan mesin-mesin, robot dan peratan elektronik lainnya. Arus baterai dihasilkan oleh reaksi kimia antara bahan aktif pada pelat baterai dan asam sulfat yang terdapat dalam larutan elektrolit. Berlaku untuk penstabil tegangan bagi sistem serta bertindak sebagai akumulator atau penyimpan energi setelah satu periode penggunaan, baterai akan mengalami penurunan dan pengosongan genergi sehingga tidak lagi menghasilkan aliran arus. Baterai dapat diisi kembali dengan arus searah yang diberikan dalam arah yang berlawanan dengan arah arus yang keluar dari baterai pada saat penggunaan. Dalam operasi yang normal, baterai selalu diisi oleh alternator.

Setiap Baterai terdiri dari Terminal positif (Katoda) dan terminal negatif (Anoda) serta Elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. *Output* Arus Listrik dari Baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan Arus DC (*Direct Current*) Pada umumnya, Baterai terdiri dari 2 jenis yakni Baterai Primer yang sekali pakai dan Baterai sekunder yang dapat diisi ulang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Flowchart Robot Line Follower With Arm



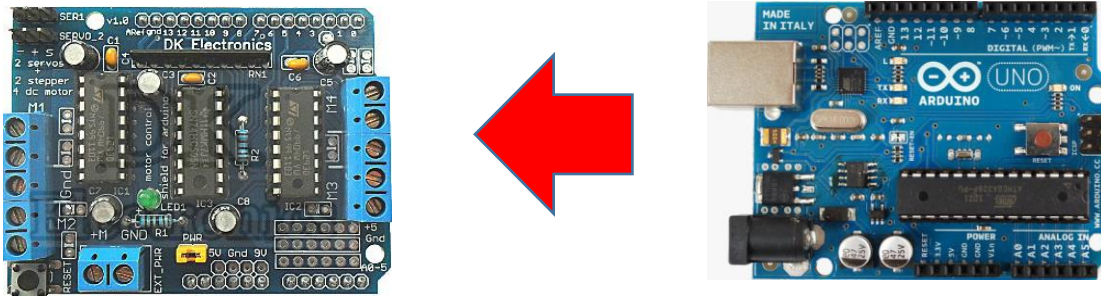


Gambar 3.1 Line Follower With Arm

3.2 Perancangan Rangkaian Arduino UNO Dan Motor Driver Shield

Merancang robot *line follower* dengan lengan (arm) yang dikendalikan oleh Arduino Uno dan motor driver shield atau l293. Perancangan Arduino Uno ke motor driver shield atau l293 pada robot *line follower with arm* bertujuan untuk mengendalikan pergerakan robot *line follower* dan menggerakkan lengan robot (arm) secara otomatis berdasarkan kondisi yang telah diprogram sebelumnya. Fungsi utama dari Arduino Uno adalah sebagai brain dari robot. fungsi motor driver shield adalah sebagai pengendali daya yang mengontrol arah dan kecepatan putaran motor DC. Motor driver shield akan menerima sinyal dari Arduino Uno dan mengatur daya yang diberikan ke motor DC sesuai dengan instruksi yang diterima. Hal ini memungkinkan robot untuk bergerak maju, mundur, berbelok kiri, dan berbelok kanan sesuai dengan kondisi jalur yang dideteksi oleh sensor *line follower*. Langkah-langkah untuk sambungkan Motor Driver Shield atau l293 ke Arduino UNO.

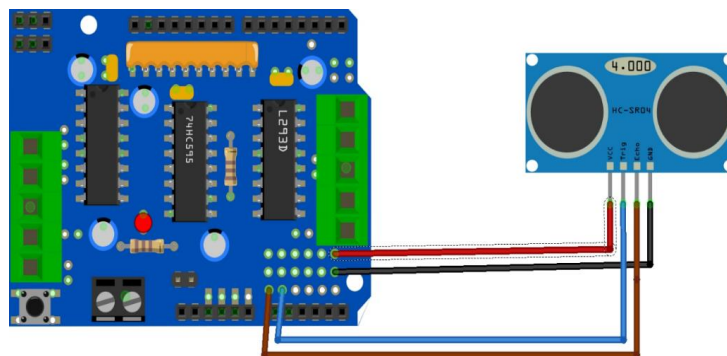
1. Pastikan Arduino Uno dalam keadaan mati dan tidak terhubung ke sumber daya apa pun.
2. Sambungkan pin input/output pada motor driver shield atau l293 ke pin digital Arduino Uno menggunakan jumper wires.
3. Motor driver shield biasanya memiliki dua motor output (M1 dan M2 untuk L293N) untuk mengendalikan dua motor DC. Hubungkan pin input/output sesuai dengan konfigurasi motor driver shield atau l293 yang Anda miliki.



Gambar 3.2 Rangkaian Arduino Uno dengan Motor Driver Shield

3.3 Perancangan Rangkaian Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi jarak antara robot dan objek di sekitarnya. Sensor ini memiliki 4 buah kabel koneksi, kabel warna merah merupakan kabel VCC pada sensor ultrasonik berfungsi sebagai pin untuk menyediakan tegangan daya 5V yang dibutuhkan oleh sensor untuk beroperasi, kabel yang berwarna biru merupakan kabel TRIG pada sensor ultrasonik yang nantinya akan dihubungkan dengan pin output yang ada pada motor l293 dan berfungsi untuk mengontrol kapan sensor akan memulai pengiriman gelombang ultrasonik, kabel yang berwarna coklat merupakan kabel Echo pada sensor ultrasonik yang nantinya akan dihubungkan dengan pin input yang ada pada motor l293 Koneksi ini mikrokontroler untuk menerima sinyal kembali (*echo*) dari sensor ultrasonik setelah gelombang ultrasonik mencapai objek di depannya, dan kabel yang berwarna hitam merupakan kabel GND pada sensor ultrasonik yang nanti nya akan dihubungkan dengan ground yang ada pada motor l293.



Gambar 3.3 Rangkaian Sensor ultrasonik

Tabel 3.1 Konfigurasi l293 dengan sesor Ultrasonic

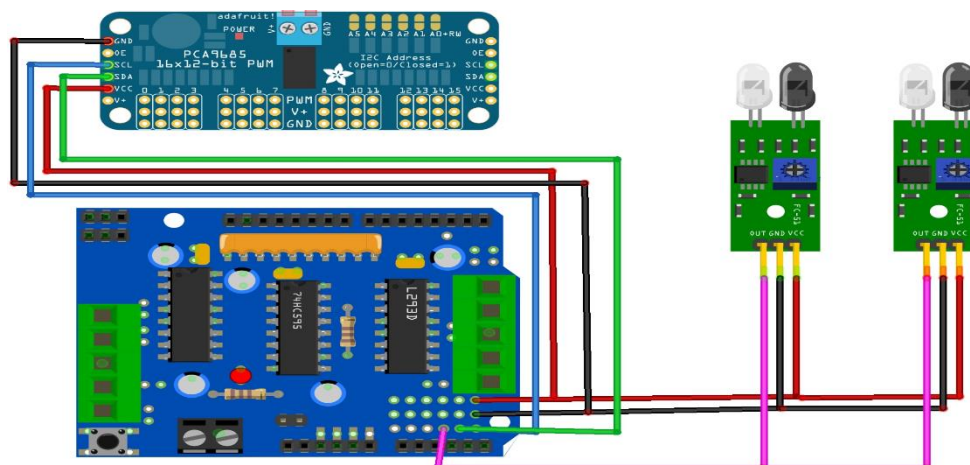
Motor Driver shield atau l293	Sensor Ultrasonik
5V	VCC
GND	GND
Echo	A0
Trig	A1

3.4 Perancangan Rangkain sensor IR (*Infrared*) dan PWM Servo Motor driver

Sensor IR (*Infrared*) berfungsi untuk mendeteksi garis atau jalur yang akan diikuti oleh robot *line follower* dan PWM Servo Motor driver berfungsi untuk mengendalikan servo motor pada lengan robot. Sensor IR memiki 3 buah kabel koneksi, Kabel yang warna merah merupakan kaki VCC pada

sensor IR ke tegangan daya yang 5V. Sumber daya ini berasal dari pin 5V pada l293, kabel yang berwarna hitam merupakan kabel GND pada sensor IR yang nanti nya akan dihubungkan dengan ground yang ada pada motor l293 dan pastikan koneksi

ground pada PWM Servo Motor Driver yang merupakan kabel hitam pada PWM terhubung dengan koneksi ground yang sama dengan l293, kabel yang berwarna pink merupakan kaki OUT pada sensor IR yang nanti nya akan dihubungkan ke salah satu pin input pada l293 yang mendukung pembacaan sinyal analog atau digital untuk mendeteksi garis atau objek di depannya, kabel yang berwarna biru merupakan kabel koneksi SCL (Serial Clock) pada PWM servo motor driver yang nanti nya akan dihubungkan ke pin Analog l293 digunakan untuk menghubungkan dengan perangkat lain yang mendukung protokol I2C seperti sensor jarak, dan kabel yang berwarna hijau merupakan kabel koneksi SDA (Serial Data) pada PWM servo motor driver yang nanti nya akan dihubungkan ke l293, SDA adalah salah satu kaki yang digunakan dalam komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit) yang memungkinkan perangkat-perangkat dalam sebuah sistem berkomunikasi satu sama lain.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor IR dan PWM Servo Motor Driver

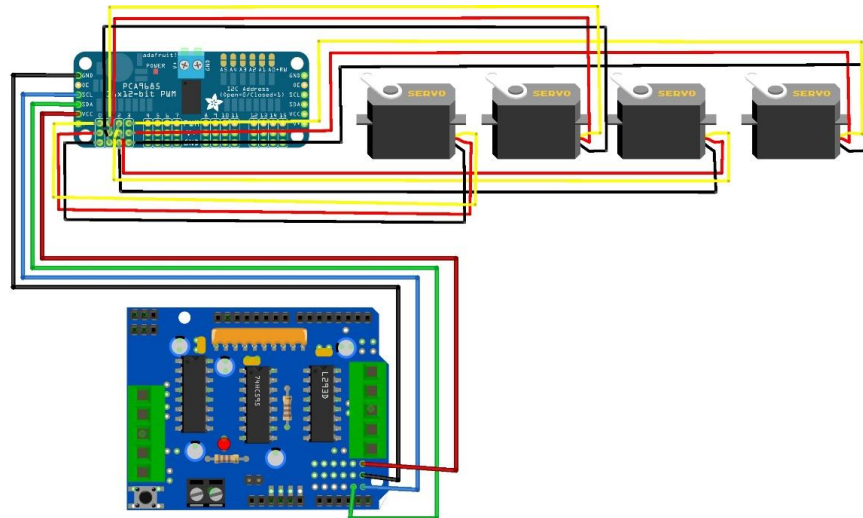
Tabel 3.2 Konfigurasi IR dengan PWM

Motor Driver Shield/l293	PWM Servo motor Driver	Sensor Infrared
5V	VCC	VCC
GND	GND	GND
A3	-	OUT
A4	SDA	-
A5	SCL	-

3.5 Perancangan Rangkain Motor Servo

Motor servo digunakan untuk menggerakkan lengan atau arm robot. Motor servo berperan sebagai aktuator yang memungkinkan lengan robot untuk bergerak ke posisi yang diinginkan. Kabel yang berwarna Kuning pada servo merupakan kabel pin signal PWM, kabel yang berwarna merah pada servo merupakan kabel 5V pada PWM dan kabel yang berwarna hitam pada servo merupakan kebel GND pada PWM dan servo yang dibutuhkan pada robot line follower ada empat. Pin PWM dihubungkan ke l293 untuk mengontrol Motor Servo. Kabel koneksi yang berwarna hitam merupakan kabel GND pada PWM yang nantinya akan dihubungkan ke GND pada l293 yang berfungsi untuk membentuk jalur kembali arus listrik yang mengalir melalui motor servo, kabel koneksi yang berwarna biru merupakan kabel SCL pada PWM yang nantinya akan dihubungkan ke A5 pada l293 yang berfungsi untuk mengatur kecepatan transfer data antara perangkat-perangkat yang terhubung dalam bus I2C, kabel koneksi yang berwarna hijau merupakan kabel SDA pada PWM yang nantinya akan

dihubungkan ke A4 pada l293, dan kabel koneksi yang berwarna merah merupakan kabel VCC pada PWM yang nanti nya akan dihubungkan ke 5V pada l293 yang berfungsi untuk sumber daya atau tegangan positif untuk memberikan tegangan listrik ke motor driver. Kabel VCC pada motor driver dihubungkan ke sumber daya 5V, yang biasanya berupa tegangan DC yang sesuai dengan spesifikasi motor driver.



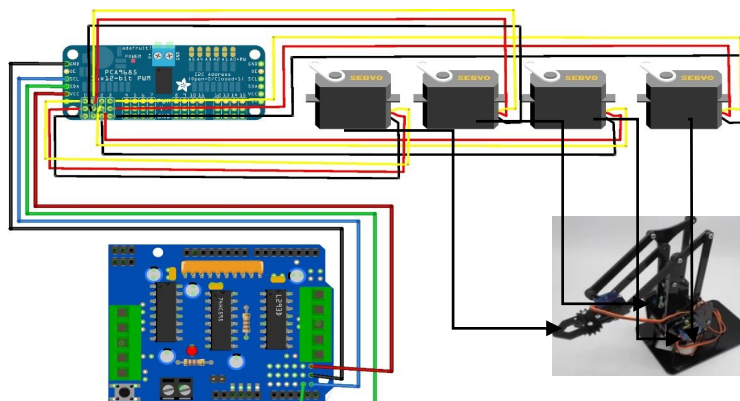
Gambar 3.5 Rangkaian Servo Motor

Tabel 3.3 Konfigurasi Servor Motor

L293	PWM	SERVO MOTOR
5V	VCC	5V
GND	GND	GND
SCL	A5	-
SDA	A4	-
-	-	Signal

3.6 Perancangan Lengan (ARM)

Lengan Pada Robot digunakan untuk mengambil, memindahkan, atau melepaskan objek di sepanjang jalur yang sedang diikuti. Servo merupakan komponen yang digunakan dalam rangkaian lengan robot untuk menghasilkan gerakan yang terkontrol dan presisi. Servo dapat digunakan untuk menggerakkan sendi-sendi lengan robot. Dalam lengan yang memiliki beberapa sendi seperti lengan manusia, servo akan mengontrol pergerakan sendi tersebut.



Gambar 3.6 Rangkaian Servo Motor dengan Lengan Robot

Tabel 3.4 Konfigurasi Lengan Robot

L293	PWM	SERVO MOTOR
5V	VCC	5V
GND	GND	GND
SCL	A5	-
SDA	A4	-
-	-	Signal

3.7 Pengujian Sensor

Pengujian sensor bertujuan memastikan sensor yang telah dibuat sesuai yang diharapkan. Pengujian sensor *Line Follower* bertujuan memastikan sensor *line follower* bekerja dengan baik dan dapat mengikuti jalur dengan akurat di berbagai jenis lintasan, dengan mengamati *output* yang dihasilkan dari sensor *line follower* atau disebut dengan sensor infrared dan sensor ultrasonik. *Output* yang dihasilkan dari sensor infrared di robot *line follower with arm* adalah data atau informasi tentang tingkat cahaya yang diterima oleh sensor. Sensor *infrared* pada robot *line follower* berfungsi untuk mendeteksi perbedaan cahaya antara garis (jalur) dan latar belakangnya. Dengan memanfaatkan perbedaan cahaya ini, robot dapat mengikuti jalur dengan akurat.

Tabel 3.5 Data Pengamatan sensor ultrasonik dan inframerah

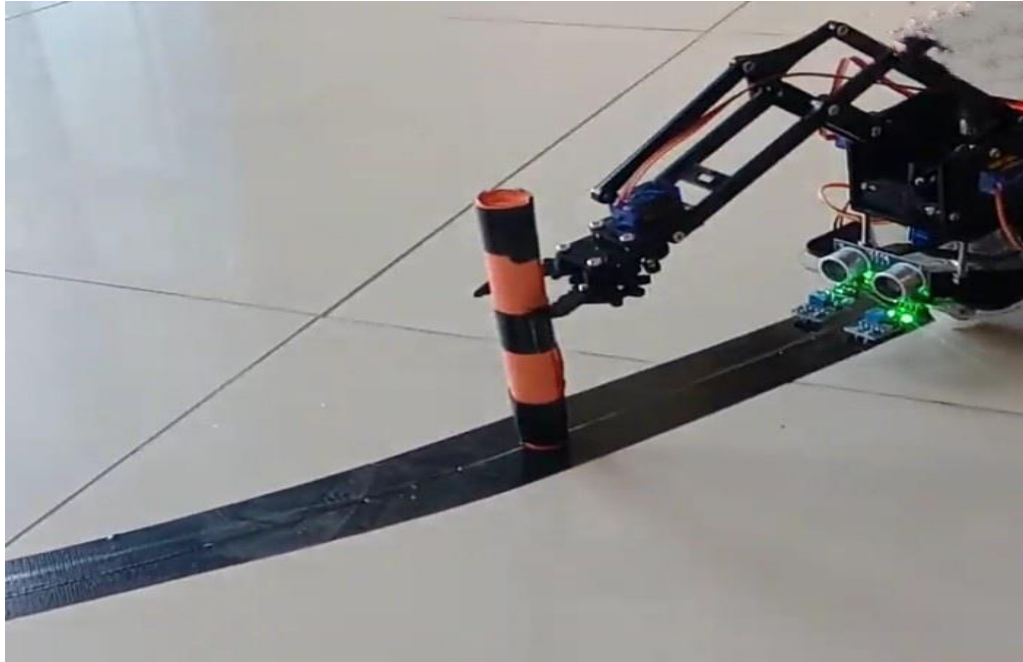
Rule	Input	
	Ultrasonik	Inframerah
1	12cm	4cm
2	22cm	2cm
3	18cm	20cm
4	13cm	18cm
5	10cm	15cm
6	11cm	14cm
7	14cm	9cm
8	5cm	6cm

Adapun hasil dari pengujian sensor ultrasonik dan inframerah yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 3.6 Hasil Pengujian sensor ultrasonik dan inframerah

no	Rule		Diharapkan	Kenyataan	Keterangan
	ultrasonik	inframerah			
1	12cm	3cm	berjalan	berjalan	Sesuai
2	22cm	2cm	berjalan	berjalan	Sesuai
3	18cm	20cm	berjalan	berhenti	Sesuai
4	13cm	18cm	berhenti	berhenti	Sesuai
5	10cm	15cm	berhenti	berjalan	Sesuai
6	11cm	14cm	berhenti	berjalan	Sesuai
7	14cm	9cm	berhenti	berjalan	Sesuai
8	5cm	6cm	berhenti	berhenti	Sesuai

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan bertujuan menguji sensor ultrasonik dan inframerah yang sudah dibuat pada robot *line follower with arm* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan sensor ultrasonik dan sensor inframerah, dan telah dilakukan analisa data, hasil yang didapat sensor ultrasonik dan sensor inframerah yang dibuat mampu bekerja dengan akurasi 98%, adapun Robot *line follower with arm* ketika membaca garis dan mendeteksi objek didepan robot dan mencapit objek yang berada didepan robot lalu dipindahkan.

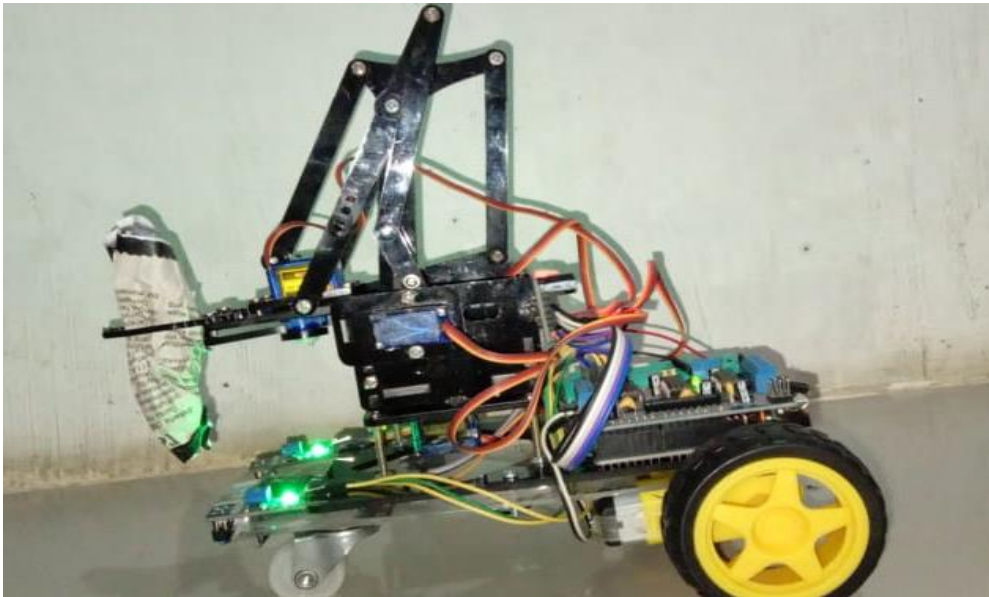


Gambar 3.7 Robot Line follower mendeteksi garis menggunakan sensor IR

3.8 Pengujian Sensor Lengan Robot

Pengujian sensor Lengan Robot seperti sensor sentuh atau jarak bertujuan untuk memastikan kemampuannya dalam mendeteksi objek dan menghindari benturan, pengujian sensor juga bertujuan memastikan sensor yang telah dibuat sesuai yang diharapkan, dengan mengamati *output* yang dihasilkan dari sensor Lengan robot atau disebut dengan sensor ultrasonic akan memberikan informasi tentang interaksi lengan dengan objek. *Output* dari sensor lengan robot ini penting untuk mengatur gerakan dan tindakan lengan agar sesuai dengan kondisi di sekitarnya. Sensor gripper pada lengan robot akan memberikan informasi tentang apakah objek telah terenggam dengan benar atau apakah lengan memegang objek dengan cukup kuat. sensor lengan robot termasuk sensor beban, data berat objek yang diangkat dapat diperoleh dari sensor tersebut dan Sensor lengan robot dapat memberikan sinyal untuk menghindari benturan dengan objek atau lingkungan sekitar saat lengan bergerak atau memindahkan objek.

Pengujian ini kemudian diolah oleh sistem kendali dan *mikrokontroler* Arduino Uno robot untuk mengatur gerakan lengan secara tepat sesuai dengan informasi yang diberikan oleh sensor lengan. Hal ini memungkinkan robot *line follower with arm* untuk berinteraksi dengan objek dan menyelesaikan tugas manipulasi objek dengan akurat dan aman. Berikut gambar Robot *line follower with arm* ketika sensor ultrasonic mendeteksi objek didepan robot dan *menggripper* alat didpan robot, diangkat dan dipindahkan kesamping.



Gambar 3.8 Menggripper Alat yang terdeteksi oleh sensor ultrasonic

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan Pengujian dan analisa dari Robot *Line Follower with Arm* berbasis mikrokontroler arduino uno R3, maka dapat diambil beberapa kesimpulan merupakan hasil dari penelitian ini.

1. Robot *line follower* dengan arm menunjukkan bahwa desain dan implementasi robot line follower dengan arm memiliki dampak positif pada kinerja robot dalam mengikuti garis secara tepat dan mengatasi rintangan secara efisien
2. lengan (*arm*) pada robot *line follower* mampu menangani situasi yang kompleks dan meningkatkan kemampuan adaptasinya terhadap lingkungan.
3. Lengan (*arm*) tersebut memberikan fleksibilitas robot untuk melakukan tindakan tertentu, seperti menghindari rintangan atau mengambil objek yang berada di sepanjang jalur
4. Pemrograman Arduino IDE memberikan kemudahan dalam pembuatannya .
5. Rancangan ini menggunakan rangkaian mikrokontroler Arduino Uno. Sehingga dapat difungsikan lagi dengan perangkat-perangkat yang lain.
6. Penggunaan baterai sebagai sumber daya untuk robot *line follower* merupakan pilihan yang efisien dan praktis

5. SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Dapat mengganti *tracker* dengan roda agar pergerakan robot lebih lincah dengan tetap mempertimbangkan kestabilan robot dan kemampuan untuk melintasi bidang yang menanjak atau menurun.
2. Mengembangkan algoritma *Artificial Intelligent* pada program robot agar robot selalu berada ditengah jalur hitam dengan tujuan agar pengenalan terhadap lingkungan lebih baik dan akurat
3. Memperbaiki desain robot agar persamaan kinematika pada *Processing* dan koordinat *end-effector* robot lengan menjadi presisi untuk memperkecil nilai error.
4. Menambahkan desain yang lebih baik pada robot *arm* agar lebih terlihat lebih menarik dan dapat menjadi suatu barang yang bernilai tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adella, A., Kamal, M., & Finawan, A. (2018). Rancang Bangun Robot Mobile Line Follower Pemindah Minuman Kaleng Berbasis Arduino. *Jurnal Tektro*, 2(2), 7–11.
- [2] Akbar, Danu; Riyadi, S. (2018). Pengaturan kecepatan motor dc pada robot line follower menggunakan pulse width modulation (pwm). *Senasif*, 2–2.
- [3] Arifin, J., Zulita, L. N., & Hermawansyah, H. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 89–98.
- [4] Baterai Sebagai, K., Nasution, M., & Kunci, K. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(1), 35–40.
- [4] Carolus Borromeus Mulyatno. (2022). Jurnal Pendidikan dan Konseling. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4, 1349–1358.
- [6] No, G. M., Telp, J. B., & Email, M. N. T. B. (2021). *Kementerian agama republik indonesia universitas islam negeri mataram*. 1(100), 12–14.
- [7] Prayudi, M. A., Sianturi, E. V. H., Rahmad, I. F., & Ummi, K. (2015). Perancangan Robot Line Follower Pemisah Benda Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler ATmega16. *Creative Information Technology Journal*, 1(3), 183.
- [8] S., R. I., & Hartono, H. (2018). Rancang Bangun Pulse Width Modulation (PWM) Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Penelitian*, 3(1), 50–58.
- [9] Sasongko, I. J., & Rivai, M. (2018). Mesin Pemanggang Biji Kopi dengan Suhu Terkendali Menggunakan Arduino Due. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2).
- [10] Suradi, A., Yusuf, M., & Wuryandari, A. (2023). *Wi Dharm a Jurnal Abdi M As Wi Dya Dharm a Workshop Penggunaan Mikrokontroler Bagi Guru Di Smk Negeri 1 Klaten*. 02(22).
- [11] Triawan, Y., & Sardi, J. (2020). Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Mikrokontroller Arduino Nano. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 76–83.