

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT PEMUNGUT SAMPAH
PLASTIK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO ATMEGA2560**

Oleh

ARIF RAMADHAN

SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untu Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2023

ABSTRAK

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT PEMUNGUT SAMPAH PLASTIK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO ATMEGA2560

Oleh

ARIF RAMADHAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis yang inovatif dan berkelanjutan, berbasis Arduino ATMEGA2560, yang dilengkapi dengan sejumlah teknologi utama, termasuk sensor ultrasonik, kamera 3D *Time-of-Flight* (ToF), motor driver L298N, motor DC, dan motor servo. Masalah polusi plastik telah menjadi masalah global yang mendesak, membutuhkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan. Robot ini dirancang untuk melakukan pendekatan multisensor dalam pengumpulan sampah plastik. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak objek dan menghindari rintangan, sehingga memungkinkan navigasi yang akurat. Kamera 3D ToF berfungsi sebagai mata robot untuk pemetaan tiga dimensi dan pengenalan jenis sampah plastik. Motor driver L298N mengendalikan motor DC untuk mobilitas robot, sementara motor servo digunakan untuk mengeksekusi tugas pengumpulan sampah dengan presisi. Selain itu, Arduino ATMEGA2560 bertindak sebagai otak robot, mengoordinasikan seluruh sistem dan mengelola data dari sensor-sensor tersebut. Robot ini juga dilengkapi dengan kemampuan komunikasi nirkabel untuk interaksi dengan sistem pemantauan eksternal. Penelitian ini mendorong pengembangan konsep pemungutan sampah otomatis yang lebih canggih dengan memanfaatkan teknologi sensor dan penggerak yang kompleks. Harapannya, prototipe ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengatasi permasalahan polusi plastik dan efisiensi pengelolaan sampah plastik dalam berbagai konteks lingkungan. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan tercapai lingkungan yang lebih bersih, berkelanjutan, dan berdaya guna.

Kata kunci : Robot, Arduino ATMEGA2560, otomatis, sampah plastik, kebersihan lingkungan.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PLASTIC WASTE COLLECTOR ROBOT PROTOTYPE BASED ON ARDUINO ATMEGA2560

By

ARIF RAMADHAN

This research aims to design and construct an innovative and sustainable prototype of an automated plastic waste collector robot based on Arduino ATMEGA2560, equipped with several key technologies including ultrasonic sensor, 3D Time-of-Flight (ToF) camera, L298N motor driver, DC motor, and servo motor. Plastic pollution has become a pressing global issue, demanding efficient and environmentally friendly solutions. The robot is designed to employ a multisensor approach for plastic waste collection. The ultrasonic sensor is used to measure object distances and avoid obstacles, enabling precise navigation. The 3D ToF camera serves as the robot's eye for three-dimensional mapping and identification of plastic waste types. The L298N motor driver controls the DC motors for robot mobility, while the servo motor is utilized for executing precise waste collection tasks. Furthermore, the Arduino ATMEGA2560 acts as the brain of the robot, coordinating the entire system and managing data from these sensors. The robot is also equipped with wireless communication capabilities for interaction with an external monitoring system. This research advances the development of more sophisticated automated waste collection concepts by harnessing complex sensor and actuator technologies. It is hoped that this prototype can make a significant contribution to addressing plastic pollution and enhancing the efficiency of plastic waste management in various environmental contexts. With this research, cleaner, more sustainable, and more practical environmental solutions are envisaged.

Keywords: Robot, Arduino ATMEGA2560, automation, plastic waste, environmental cleanliness.

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT PEMUNGUT SAMPAH
PLASTIK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO ATMEGA2560**

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untu Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Lampung

Oleh:

Arif Ramadhan

2015031018

Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Sri Ratna S, S.T., M.T.

NIP. 196510211995122001

Syaiful Alam, S.T.,M.T.

NIP. 196904161998031004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 197103141999032001

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.

NIP. 197404222000122001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan anugerah-Nya, penulis dapat membuat laporan proposal untuk memenuhi persyaratan Kelulusan program pendidikan Strata 1 Teknik Elektro. Laporan Proposal ini berjudul, **“RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT PEMUNGUT SAMPAH PLASTIK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO ATMEGA2560”**. Laporan Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam penyusunan Laporan Proposal ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Herlinawati, S.T., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung yang juga membantu serta memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta sarannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Seminar Proposal dengan Baik.

5. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta sarannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Seminar Proposal dengan Baik.
6. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan serta sarannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Seminar Proposal dengan Baik.
7. Semua pihak terkait yang telah membantu terselesaikannya laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan baik materi maupun cara penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca guna perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap laporan Proposal ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, Oktober 2023

Arif Ramadhan

2015031018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Konsep Pemungutan Sampah Secara Otomatis.....	7
2.2 Penggunaan Arduino ATMEGA2560	8
2.3 Sensor Ultrasonik dan Pengolahan Citra.....	10
2.4 Navigasi dan Pengendalian Robot.....	12
2.5 Sistem Komunikasi dan Pengiriman Data	14
2.6 Aspek Keberlanjutan dan Lingkungan	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17

3.3 Langkah – langkah Penelitian (Diagram Alir)	21
3.4 Langkah – langkah Perancangan (Diagram Blok).....	22
3.5 Teknik Pengumpulan data	22
3.6 Teknik Analisis Data	23
DAFTAR PUSTAKA	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino ATMEGA2560	8
Gambar 2.2 Sensor Ultrasonik	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Prototipe Robot Pemungut Sampah Otomatis	21
Gambar 3.2 Diagram Blok Prototipe Robot Pemungut Sampah Otomatis	22

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Spesifikasi Komponen	20
---	----

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan terutama oleh sampah plastik, telah menjadi salah satu tantangan lingkungan global yang semakin mendesak. Sampah plastik yang berserakan di daratan, sungai, dan lautan bukan hanya mengganggu estetika lingkungan, tetapi juga memiliki dampak serius terhadap ekosistem dan kesehatan makhluk hidup. Sampah plastik yang tidak terurai dengan baik dapat mencemari air, tanah, dan menyebabkan kerusakan ekosistem laut yang mengancam keberlanjutan sumber daya alam. Dalam upaya mengatasi masalah ini, pembersihan sampah plastik secara manual oleh pekerjaan manusia memerlukan banyak waktu dan sumber daya. Oleh karena itu, pengembangan solusi otomatis untuk mengumpulkan sampah plastik menjadi semakin penting untuk dihadirkan. Salah satu solusi potensial adalah menggunakan robot pemungut sampah plastik otomatis. Arduino ATmega2560, dengan kemampuan pemrosesan yang kuat dan kompatibilitas dengan berbagai sensor dan perangkat keras yang dipadukan, menjadi platform yang ideal untuk merancang robot pemungut sampah plastik otomatis. Robot ini akan dapat mendeteksi, mengenali, dan mengumpulkan sampah plastik secara efisien tanpa campur tangan manusia yang berulang-ulang.

Selain itu, pendekatan ini memiliki potensi untuk mengurangi risiko yang terkait dengan penanganan sampah plastik, yang dapat berbahaya bagi pekerja pembersihan. Robot pemungut sampah plastik otomatis juga dapat digunakan dalam berbagai konteks, termasuk di lingkungan perkotaan, daerah pesisir, dan tempat-tempat lain yang rentan terhadap masalah sampah plastik. Meskipun konsep robot pemungut sampah plastik otomatis telah ada sebelumnya, penelitian ini akan berfokus pada pengembangan prototipe yang dapat diimplementasikan dengan objek yang lebih khusus dengan menggunakan sumber daya yang terjangkau, termasuk Arduino ATmega2560 sebagai inti pengendaliannya.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATmega2560. Robot ini diharapkan dapat menjadi solusi pencemaran lingkungan dan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mengurangi pencemaran plastik dan memfasilitasi pembersihan lingkungan yang lebih efisien. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang robotika dan teknologi berkelanjutan. Penelitian ini juga akan memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi robotika di Indonesia dan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik. Selain itu, robot ini memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi praktis di berbagai sektor, termasuk kebersihan perkotaan, industri, dan sektor publik lainnya.

Dengan adanya prototipe robot pemungut sampah plastik ini, diharapkan dapat menghadirkan solusi yang inovatif dalam mengatasi masalah pencemaran sampah plastik yang semakin meresahkan dan membantu mengatasi masalah serius pencemaran plastik yang menjadi perhatian global, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas upaya pembersihan lingkungan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem perangkat keras (*hardware*) prototipe robot pemungut sampah plastik berbasis Arduino ATmega2560 yang efisien dalam mengenali, mengumpulkan, dan menyimpan sampah plastik secara otomatis?
2. Bagaimana mengembangkan algoritma pengenalan objek yang dapat membedakan sampah plastik dari objek lainnya dengan akurasi tinggi pada prototipe robot ini?

Dengan merumuskan masalah-masalah di atas, penelitian ini akan mengarah pada pengembangan prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis yang efektif dan

efisien berbasis Arduino ATmega2560, serta akan memungkinkan evaluasi kinerja dan keefisienan robot ini dalam mengatasi masalah pencemaran plastik di lingkungan.

1.3 Batasan Penelitian

Sumber Daya : Penelitian ini akan menggunakan sumber daya yang terbatas, termasuk anggaran, perangkat keras (*hardware*), dan perangkat lunak (*software*) yang tersedia.

Lingkungan Pengujian : Pengujian prototipe robot akan dilakukan dalam lingkungan simulasi dan beberapa lokasi fisik terbatas yang mewakili situasi nyata dalam pembersihan sampah plastik.

Fokus Sampah Plastik : Penelitian ini akan difokuskan pada pengenalan, pengumpulan, dan penyimpanan sampah plastik. Pengumpulan sampah non-plastik tidak akan menjadi fokus utama.

Keamanan : Keamanan pengguna dan lingkungan akan menjadi prioritas dalam pengembangan robot ini. Robot harus dapat beroperasi tanpa membahayakan manusia atau lingkungan sekitarnya.

Tidak Termasuk Pemanfaatan Sampah : Penelitian ini akan berhenti pada tahap pengumpulan dan penyimpanan sampah plastik. Pengolahan lebih lanjut atau pemanfaatan sampah plastik (*recycling*) tidak akan termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.

Skala Prototipe : Robot yang dibangun akan bersifat prototipe dan tidak dimaksudkan untuk digunakan dalam skala produksi atau komersial. Tujuannya adalah untuk membuktikan konsep dan fungsionalitas.

Dengan membatasi penelitian ini sesuai dengan parameter di atas, penelitian akan menjadi lebih terfokus dan dapat dilakukan secara efisien dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan waktu yang ada.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Proposal ini terdiri dari tujuan umum dan tujuan khusus, yaitu sebagai berikut.

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun tujuan umum dari kegiatan ini adalah sebagai berikut.

1. Menerapkan ilmu yang telah didapatkan selama perkuliahan dalam dunia kerja.
2. Menambah pengetahuan, wawasan serta pengalaman akan penerapan ilmu pada bidang Teknik Elektro.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari kegiatan ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang, mengembangkan, dan menguji prototipe robot yang efisien dalam mengenali, mengumpulkan, dan menyimpan sampah plastik secara otomatis dengan menggunakan teknologi Arduino ATmega2560 sebagai inti sistem.
2. Mengembangkan algoritma pengenalan objek yang dapat membedakan sampah plastik dari objek lain dengan akurasi tinggi, memungkinkan robot untuk mengidentifikasi dan mengumpulkan sampah plastik dengan tepat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun tujuan khusus dari kegiatan ini adalah sebagai berikut.

1. Membantu mengatasi pencemaran plastik dengan menyediakan solusi efisien dalam pengumpulan sampah plastik, meningkatkan efisiensi pembersihan lingkungan, dan mendukung pengembangan teknologi robotika di Indonesia.
2. Mengurangi risiko kesehatan, memberikan inspirasi untuk inovasi selanjutnya, dan meningkatkan kesadaran lingkungan di masyarakat.

1.6 Hipotesis

Adapun metodologi dalam menyusun laporan Proposal ini adalah sebagai berikut.

1. Hipotesis Utama : Prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis yang dibangun berbasis Arduino ATmega2560 akan mampu secara efisien mengenali, mengumpulkan, dan menyimpan sampah plastik dalam berbagai lingkungan, menghasilkan peningkatan signifikan dalam efisiensi pembersihan lingkungan.
2. Hipotesis Tambahan:
 - a. Algoritma pengenalan objek yang dikembangkan akan memungkinkan robot untuk mengenali sampah plastik dengan tingkat akurasi yang tinggi.
 - b. Sistem navigasi otonom akan memungkinkan prototipe robot untuk menghindari hambatan dan mencapai lokasi sampah plastik dengan efisien.
 - c. Optimalisasi manajemen energi pada prototipe robot akan memungkinkan operasi yang berkelanjutan dalam jangka waktu yang cukup lama.
 - d. Hasil pengujian lapangan akan menunjukkan bahwa prototipe robot efektif dalam mengumpulkan sampah plastik dan mempercepat proses pembersihan lingkungan.

Hipotesis-hipotesis ini akan diuji selama penelitian untuk memverifikasi apakah prototipe robot yang dibangun memenuhi ekspektasi dan tujuan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Laporan Proposal ini adalah sebagai berikut.

BAB I - PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, tujuan, batasan masalah, waktu dan tempat Proposal, metodologi penyusunan laporan dan sistematika penulisan laporan

BAB II – TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai teori dasar mengenai masalah yang dikasi dalam Proposal dengan bersumber pada jurnal ilmiah, buku maupun skripsi.

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai teori dasar mengenai masalah yang dikasi dalam Proposal dengan bersumber pada jurnal ilmiah, buku maupun skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi daftar sumber kutipan teori yang menjadi landasan dan referensi dalam pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Pemungutan Sampah Secara Otomatis

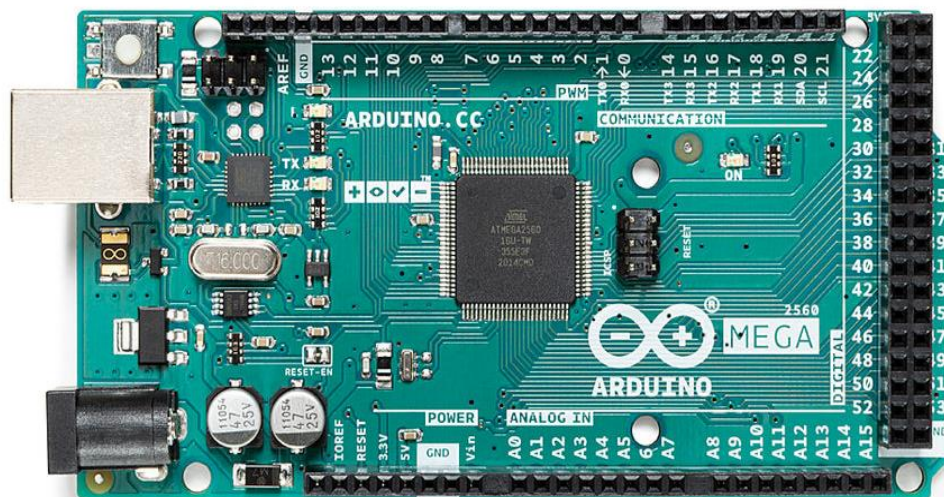
Kombinasi antara sensor ultrasonik dan penggunaan kamera dengan pengolahan citra pada penelitian ini memiliki peran penting dalam penelitian pengembangan robot pemungut sampah plastik otomatis. Pada prinsip kerjanya yaitu pada Sensor ultrasonik akan mengirimkan gelombang suara ultrasonik ke sekitar ruangan dan apabila mengenai objek, kemudian akan menghitung waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk pantulan kembali. Dengan informasi ini, sensor dapat menghitung jarak antara sensor dan objek memberikan informasi tentang jarak antara robot dan objek sampah plastik, yang memungkinkan robot untuk menghindari hambatan dan mengendalikan pergerakannya dengan presisi (Navigasi dan Presisi). Sementara itu, informasi yang diterima kemudian akan diolah dan melakukan penggunaan kamera dengan pengolahan citra yang memungkinkan robot untuk mengenali dan membedakan jenis objek sampah.

Dengan bantuan teknologi pengenalan pola, warna, dan bentuk, robot dapat mengidentifikasi botol plastik, kaleng, kertas, atau jenis sampah lainnya. Integrasi ini memungkinkan robot untuk bekerja lebih efisien dan secara otomatis memilah dan mengumpulkan sampah dengan akurasi yang tinggi, kemudian setelah objek terdeteksi informasi akan diteruskan menuju motor servo dan motor DC. Dimana Motor servo sering digunakan dalam sistem robot untuk mengontrol navigasi pergerakan atau posisi robot. Dalam konteks penelitian ini, motor servo dapat digunakan untuk mengendalikan pergerakan komponen seperti lengan robot atau *gripper*. Setelah robot mengidentifikasi jenis sampah dengan bantuan kamera, motor servo dapat digunakan untuk menggerakkan lengan robot ke posisi yang tepat sehingga robot dapat mengambil atau memanipulasi sampah tersebut. Lalu untuk Motor DC itu merupakan komponen utama yang digunakan untuk menggerakkan roda atau kendaraan itu sendiri. Motor DC digunakan untuk mengatur pergerakan umum robot menuju lokasi sampah yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik.

Misalnya, jika robot harus mendekati objek sampah yang terletak di depannya, motor DC akan digunakan untuk menggerakkan roda robot sesuai dengan perintah dan informasi yang diberikan.

Kombinasi dari sensor ultrasonik, kamera pengolahan citra, motor servo, dan motor DC menciptakan sistem yang kompleks dan terintegrasi dalam robot pemungut sampah otomatis. Sensor memberikan data tentang lingkungan sekitarnya, kamera memberikan informasi visual tentang objek sampah, motor servo mengendalikan manipulasi objek, dan motor DC menggerakkan robot ke lokasi sampah. Semua komponen ini bekerja sama untuk mencapai tujuan utama robot, yaitu mengidentifikasi, mengumpulkan, dan mengelola sampah dengan efisien dan akurat yang akan membantu mengurangi polusi lingkungan dan menciptakan solusi yang lebih berkelanjutan dalam penanganan sampah.

2.2 Penggunaan Arduino ATMEGA2560



Gambar 2.1 Arduino ATMEGA2560

Arduino ATMEGA2560 adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang sangat populer dan kuat. Papan ini berbasis mikrokontroler ATmega2560 dari

Microchip Technology dan merupakan salah satu papan Arduino yang lebih canggih. ATMEGA2560 memiliki 54 pin input/output digital, 16 saluran PWM, 16 saluran analog input, dan 4 UART (komunikasi serial). Ini juga dilengkapi dengan 256 KB memori flash, 8 KB RAM, dan 4 KB EEPROM, yang menjadikannya cocok untuk proyek-proyek yang memerlukan kapasitas memori yang lebih besar. ATMEGA2560 mendukung berbagai bahasa pemrograman, termasuk Arduino IDE, dan memiliki beragam pustaka yang tersedia untuk membantu pengembang mempercepat pengembangan prototipe perangkat keras.

Arduino ATMEGA2560 adalah pilihan yang sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini, hal tersebut karena Arduino ATMEGA2560 menggabungkan sejumlah keunggulan yang mendukung pengembangan prototipe perangkat keras dan sistem kontrol. Pertama, Arduino menawarkan kemudahan penggunaan yang luar biasa, dengan lingkungan pemrograman yang ramah pengguna dan dukungan komunitas yang luas. Ini membuatnya ideal untuk penelitian di mana para peneliti dengan berbagai tingkat keahlian teknis dapat bekerja sama. Kedua, papan ini sangat fleksibel dengan banyak pin input/output digital dan analog yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor, *aktuator* dan peralatan lainnya dalam penelitian ini. Selain itu, kapasitas memori yang cukup besar memungkinkan penelitian yang melibatkan pengumpulan dan pengolahan data yang signifikan hal ini tentunya sangat diperlukan, mengingat pada robot ini akan menggunakan sistem kamera dan pengolahan citra untuk membuat alat mampu mendeteksi jenis objek sehingga penelitian dapat menjadi lebih efisien. Selain itu, Arduino juga mendukung berbagai sensor dan perangkat tambahan yang memudahkan integrasi perangkat keras tambahan ke dalam proyek penelitian. Dukungan aktif dari komunitas Arduino dan sifat *open source platform* ini membuatnya menjadi alat yang sangat tepat digunakan dalam penelitian yang ingin dilakukan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji prototipe perangkat keras dengan biaya terjangkau serta dalam lingkungan penelitian yang kolaboratif.

Dengan kemampuannya yang luas tersebut, Arduino ATMEGA2560 menjadi pilihan utama sebagai mikrokontroller pada penelitian ini.

2.3 Sensor Ultrasonik dan Pengolahan Citra

Sensor ultrasonik adalah perangkat penting yang digunakan untuk mengukur jarak dengan presisi dalam berbagai aplikasi teknologi. Prinsip kerjanya yang mendasarkan pada pengiriman dan penerimaan gelombang suara ultrasonik memungkinkan sensor untuk mendeteksi objek di depannya dan menghitung jaraknya dengan akurat. Sensor ultrasonik memiliki kegunaan yang beragam, mulai dari navigasi kendaraan otonom yang dapat menghindari hambatan, pengukuran jarak dalam industri, hingga deteksi level cairan dalam tangki penyimpanan. Di dunia medis, sensor ini bahkan digunakan dalam pencitraan ultrasonik untuk diagnosis dan pemantauan kesehatan. Kombinasi keakuratan, kemudahan penggunaan, dan berbagai aplikasi yang luas menjadikan sensor ultrasonik sebagai alat yang sangat berguna dalam berbagai bidang teknologi dan industri.



Gambar 2.2 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah alat yang sangat berguna untuk mendapatkan informasi jarak dengan cepat dan akurat, dan karenanya, sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pemantauan dan pengukuran jarak.

Sensor Ultrasonik memiliki persamaan sederhana untuk menghitung jarak antara sensor dan objek dengan menggunakan kecepatan suara dalam udara yang diketahui, persamaan tersebut yaitu sebagai berikut :

$$Jarak = \frac{waktu \times Kecepatan Suara}{2} \quad (2.1)$$

Pengolahan citra adalah bidang ilmu yang berkaitan dengan analisis, manipulasi, dan transformasi gambar digital atau citra visual. Tujuan utama dari pengolahan citra adalah untuk memperoleh informasi yang berguna dari gambar, meningkatkan kualitas gambar, dan mengambil keputusan berdasarkan data yang terdapat dalam gambar tersebut. Proses pengolahan citra melibatkan serangkaian langkah, seperti pembersihan gambar (denoising), penerapan filter, segmentasi objek, ekstraksi fitur, dan pengenalan pola. Aplikasi pengolahan citra sangat luas dan mencakup berbagai bidang, termasuk pengenalan wajah, visi komputer, pengolahan medis (seperti deteksi tumor dan pemantauan kesehatan), pemrosesan gambar satelit, robotika, pemrosesan gambar forensik, dan banyak lagi. Dengan kemajuan teknologi, pengolahan citra semakin penting dalam pengambilan keputusan berbasis visual, analisis data, dan pemahaman informasi yang terkandung dalam gambar dan video.

Dalam penelitian ini, pengolahan citra merupakan inti dari sistem yang memungkinkan robot untuk beroperasi dengan efisien. Prinsip kerja yang kompleks dimulai dengan akuisisi data citra dari kamera yang terpasang pada robot. Citra tersebut kemudian melalui serangkaian tahap pengolahan awal seperti pembersihan dan segmentasi, yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dan memisahkan objek yang mungkin adalah sampah plastik dari latar belakangnya. Setelah itu, fitur-fitur yang relevan diekstraksi dari objek, seperti bentuk dan tekstur, dan pengenalan

pola digunakan untuk mengidentifikasi jenis sampah plastik. Informasi ini menjadi dasar bagi robot untuk mengarahkan pergerakannya, mengarahkan tangannya, dan mengumpulkan sampah plastik tersebut. Selama proses ini, robot juga harus berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, mendeteksi hambatan, dan mengambil keputusan secara real-time. Keseluruhan prinsip kerja ini menciptakan sistem yang kompleks dan otomatis, memungkinkan robot untuk membantu mengatasi masalah polusi plastik yang semakin mendesak dalam lingkungan kita

Sensor ultrasonik dan pengolahan citra adalah dua komponen penting dalam berbagai aplikasi teknologi yang berkaitan dengan pengukuran jarak dan pengenalan objek. Sensor ultrasonik memungkinkan pengukuran jarak yang akurat dengan mengirimkan gelombang suara dan mengukur waktu pantulan kembali dari objek, menjadikannya ideal untuk navigasi kendaraan otonom dan deteksi hambatan. Di sisi lain, pengolahan citra berfokus pada analisis gambar digital dan pengenalan pola, memungkinkan sistem untuk mengenali objek berdasarkan informasi visual. Ketika sensor ultrasonik dan pengolahan citra digunakan bersamaan, mereka menciptakan kombinasi yang kuat dalam robotika dan berbagai aplikasi lainnya. Robot pemungut sampah otomatis, sebagai contoh, dapat menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi sampah yang dekat, dan kemudian, dengan bantuan pengolahan citra, mengenali jenis sampah tersebut. Kombinasi ini memungkinkan robot untuk beroperasi dengan akurasi yang lebih tinggi dan mengatasi tantangan beragam di lingkungan yang dinamis.

2.4 Navigasi dan Pengendalian Robot

Dalam penelitian yang mengembangkan robot pemungut sampah plastik otomatis, navigasi dan pengendalian robot menjadi aspek yang menggabungkan sejumlah prinsip dan teknologi yang kompleks. Navigasi robot memerlukan kemampuan untuk bergerak secara mandiri dalam lingkungan yang penuh variabilitas, menghindari rintangan, dan memahami struktur lingkungan. Ini mungkin

melibatkan sensor seperti lidar atau kamera 3D untuk pemetaan dan pendeteksian rintangan. Di sisi lain, pengendalian robot mencakup berbagai tindakan yang dilakukan oleh robot, seperti pergerakan kendaraan, pengendalian lengan atau gripper untuk mengambil sampah plastik, dan pengambilan keputusan real-time berdasarkan data dari sensor dan analisis citra. Integrasi yang tepat antara navigasi dan pengendalian adalah kunci untuk menjalankan robot dengan akurat, efisien, dan aman dalam penelitian ini. Hal ini memungkinkan robot untuk secara otomatis mengidentifikasi, mengambil, dan mengelola sampah plastik dalam lingkungan yang berubah-ubah, dan membantu dalam mengatasi permasalahan polusi plastik yang semakin mendesak. Dalam hal ini akan dijelaskan mengenai navigasi dan pengendalian robot pemungut sampah otomatis yaitu :

- Navigasi Robot : Navigasi adalah proses yang memungkinkan robot untuk bergerak secara mandiri dalam lingkungan yang beragam. Dalam penelitian ini, navigasi robot harus mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk Penghindaran Rintangan dimana Robot harus dapat mendeteksi dan menghindari rintangan seperti dinding, kendaraan, atau hambatan lainnya dalam perjalanannya. Sensor ultrasonik atau lidar dapat digunakan untuk mengidentifikasi rintangan di depan robot. Pemetaan Lingkungan dimana Robot mungkin perlu membuat peta lingkungan sekitarnya untuk memahami topografi dan lokasi sampah plastik. Teknik pemetaan, seperti pemetaan simultan lokasi dan pemetaan (SLAM), dapat digunakan untuk mencapai ini. Navigasi Dalam Ruangan dimana Jika robot beroperasi di dalam ruangan, maka navigasi melibatkan pemahaman tentang letak ruangan, lokasi sampah, dan jalur yang aman untuk bergerak.
- .Pengendalian Robot melibatkan pengaturan pergerakan dan tindakan robot berdasarkan informasi yang diterimanya melalui sensor dan pengolahan citra. Ini mencakup hal berikut yaitu Pergerakan Kendaraan dimana Robot dapat dilengkapi dengan motor DC atau motor roda yang mengatur

pergerakan kendaraan. Informasi dari sensor ultrasonik dan pengolahan citra digunakan untuk mengarahkan pergerakan robot, seperti berhenti, berbelok, atau bergerak maju. Lalu Manipulasi Lengan, dimana Robot mungkin memiliki lengan atau gripper yang digunakan untuk mengambil sampah plastik. Pengendalian lengan ini perlu mempertimbangkan posisi dan orientasi objek sampah serta kemungkinan perubahan dalam lingkungan. Serta Kontrol Real-Time, dimana Semua pergerakan dan tindakan robot harus dikontrol secara real-time berdasarkan informasi yang terus berubah dari sensor dan analisis citra. Ini memungkinkan robot untuk beradaptasi dengan perubahan di lingkungan sekitarnya dan memutuskan tindakan selanjutnya.

Kombinasi dari navigasi yang cermat dan pengendalian yang tepat adalah kunci keberhasilan robot pemungut sampah plastik otomatis. Ini memungkinkan robot untuk beroperasi secara efisien, menghindari rintangan, mengidentifikasi dan mengumpulkan sampah plastik dengan akurat, dan menjalankan tugasnya dengan aman dalam berbagai situasi dan lingkungan.

2.5 Sistem Komunikasi dan Pengiriman Data

Dalam penelitian ini, sistem komunikasi dan pengiriman data memainkan peran penting untuk memungkinkan pengendalian, pemantauan, dan koordinasi operasi robot. Berikut adalah bagaimana sistem komunikasi dan pengiriman data biasanya diimplementasikan dalam penelitian ini:

1. Jaringan Komunikasi: Robot biasanya dilengkapi dengan perangkat komunikasi seperti modul WiFi, Bluetooth, atau 4G/5G yang memungkinkannya terhubung ke jaringan atau perangkat lain. Ini memungkinkan robot untuk berkomunikasi dengan server pusat, pengendali jarak jauh, atau perangkat lain di lingkungan yang sama.

2. Pengiriman Data Sensor: Sensor yang terdapat di robot, seperti kamera, sensor ultrasonik, dan sensor lainnya, menghasilkan data yang penting untuk navigasi dan pengambilan keputusan. Data ini perlu dikirimkan ke sistem pengolahan data atau komputer kendali untuk analisis lebih lanjut. Ini bisa dilakukan melalui koneksi nirkabel ke server pusat.
3. Pengiriman Hasil Analisis Citra: Hasil dari pengolahan citra, seperti identifikasi jenis sampah plastik, perlu dikirimkan kembali ke robot agar dapat digunakan untuk pengendalian robot. Ini membantu robot dalam pengambilan keputusan saat bergerak dan mengumpulkan sampah plastik.
4. Pengiriman Status dan Log Robot: Robot dapat mengirimkan status operasionalnya dan log aktivitasnya secara teratur atau saat terjadi peristiwa penting. Informasi ini dapat digunakan untuk pemantauan kinerja robot dan perbaikan jika terjadi masalah.
5. Kontrol Jarak Jauh: Dalam beberapa kasus, robot dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui koneksi internet. Ini memungkinkan operator untuk mengendalikan robot, memberikan instruksi, atau mengambil alih kontrol dalam situasi darurat.
6. Penyimpanan Data: Data yang dihasilkan oleh robot, termasuk citra, log, dan informasi penting lainnya, seringkali perlu disimpan secara aman untuk analisis lebih lanjut atau untuk menjaga catatan operasional.
7. Keamanan dan Enkripsi: Karena sensitivitas data dan potensi ancaman keamanan, sistem komunikasi sering menggunakan enkripsi data untuk melindungi informasi yang dikirimkan dan diterima.

Dengan implementasi yang baik, sistem komunikasi dan pengiriman data memungkinkan robot pemungut sampah plastik otomatis untuk beroperasi secara efisien dan terkoordinasi dalam tugasnya. Hal ini juga memungkinkan pemantauan dari jarak jauh dan analisis data yang diperlukan untuk meningkatkan kinerja robot serta memahami dampak penelitian terhadap masalah polusi plastik.

2.6 Aspek Keberlanjutan dan Lingkungan

Aspek keberlanjutan dan lingkungan sangat penting dalam penelitian mengenai robot pemungut sampah plastik otomatis. Berikut adalah cara aspek-aspek tersebut diintegrasikan dalam penelitian ini:

1. **Reduksi Polusi Plastik:** Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi polusi plastik dengan menggunakan robot pemungut sampah otomatis. Dengan mengumpulkan sampah plastik yang tergeletak di lingkungan, penelitian ini berpotensi mengurangi dampak sampah plastik terhadap ekosistem.
2. **Efisiensi Pengumpulan Sampah:** Robot pemungut sampah plastik otomatis dirancang untuk mengumpulkan sampah plastik dengan lebih efisien dan akurat dibandingkan dengan metode manual. Ini dapat mengurangi kebutuhan akan pekerjaan manual dalam pengelolaan sampah dan menghemat sumber daya.
3. **Penggunaan Energi Berkelanjutan:** Dalam pengembangan robot ini, penggunaan energi yang efisien dan berkelanjutan menjadi perhatian utama. Robot mungkin menggunakan sumber energi seperti baterai lithium-ion yang dapat diisi ulang atau bahkan panel surya untuk mengurangi dampak lingkungan dari konsumsi energi.
4. **Bahan Ramah Lingkungan:** Penelitian ini mungkin juga mempertimbangkan penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan dalam pembuatan robot, seperti penggunaan plastik daur ulang atau bahan-bahan *biodegradable*.
5. **Kesadaran Lingkungan:** Penelitian ini dapat berkontribusi pada peningkatan kesadaran lingkungan di masyarakat dengan menunjukkan solusi teknologi untuk masalah polusi plastik.

Dengan memperhatikan aspek keberlanjutan dan lingkungan dalam penelitiannya, penelitian ini tidak hanya berfokus pada penyelesaian masalah, tetapi juga mempertimbangkan dampaknya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kendali, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dari Bulan Oktober sampai November 2023, yang mencakup fase perancangan, pengembangan, pengujian, dan evaluasi prototipe robot pemungut sampah plastik.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Arduino ATMEGA2560

Arduino digunakan untuk menjadi Mikrokontroller yang memegang kendali utama dari project penelitian ini, serta Arduino digunakan untuk Interface yang menghubungkan dan berkomunikasi dengan berbagai sensor dan alat yang ada pada robot. Peran Arduino juga menjadi pemrosesan data sensor dan pengendalian motor aktuator.

2. Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak antara sensor itu sendiri dan objek yang berada di depannya dengan cara mengukur waktu yang diperlukan untuk gelombang suara ultrasonik yang dipancarkan oleh sensor memantul kembali ke sensor setelah mengenai objek tersebut. Dan Kamera 3D akan menjadi pengolah Citra untuk mengklasifikasikan jenis sampah dan membuat alat menjadi lebih efisien.

3. Kamera 3D *Time-of-Flight* (ToF)

Kamera 3D *Time-of-Flight* (ToF) memiliki peran sentral dalam prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATMEGA2560. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan penglihatan tiga dimensi yang sangat akurat pada robot, memungkinkan pengenalan dan pemetaan yang

tepat terhadap objek sampah plastik di sekitarnya. Dengan data jarak yang presisi, robot dapat menentukan posisi serta jarak dari sampah plastik, bahkan dalam situasi pencahayaan yang berubah-ubah. Kamera 3D ToF juga memungkinkan robot untuk memantau dan menavigasi lingkungan dengan lebih cermat, menghindari rintangan, dan merencanakan rute yang optimal untuk mengumpulkan sampah plastik. Keseluruhan, kegunaan kamera 3D ToF pada robot pemungut sampah plastik otomatis adalah untuk meningkatkan efisiensi, keakuratan, dan kemampuan navigasi robot, menjadikannya alat yang lebih efektif dalam misi membersihkan sampah plastik yang mengancam lingkungan.

4. Motor Servo

Motor servo dalam prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATmega2560 berperan penting dalam mengendalikan berbagai mekanisme robot. Fungsinya adalah memberikan pergerakan yang presisi, terkoordinasi, dan terukur, memungkinkan robot untuk menggerakkan berbagai bagian seperti lengan, kamera, atau alat pengumpul sampah dengan tepat. Motor servo juga memungkinkan robot untuk merespons perubahan lingkungan dan perintah secara cepat dan akurat, sehingga mendukung efisiensi dan ketepatan dalam operasi pengumpulan sampah plastik. Dengan demikian, motor servo menjadi elemen kunci dalam memastikan robot dapat berfungsi dengan baik dalam misinya menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan. Motor Servo digunakan sebagai pengendali posisi tertentu robot agar lebih presisi atau tepat sasaran dan juga berperan untuk memanipulasi pengambilan sampah.

5. Motor Driver L298N

Fungsi motor driver L298N pada penelitian ini adalah untuk mengontrol dan menggerakkan motor yang digunakan oleh robot untuk bergerak di sekitar lingkungan dan mengumpulkan sampah plastik. Motor Driver L298N

memungkinkan pengendalian yang presisi atas kecepatan dan arah putaran motor, sehingga robot dapat bergerak maju, mundur, berbelok, dan berhenti dengan tepat. Selain itu, dengan kemampuan dual H-bridge yang dimilikinya, Motor Driver L298N memungkinkan kendali motor yang stabil dan mampu mengatasi beban yang berat, seperti saat mengangkat sampah. Keseluruhan, kegunaan Motor Driver L298N adalah untuk memberikan mobilitas yang andal pada robot, memastikan bahwa ia dapat beroperasi dengan efektif dan efisien dalam tugas membersihkan sampah plastik, dan dengan demikian, berkontribusi pada pemeliharaan lingkungan.

6. Motor DC

Motor DC Digunakan untuk Menggerakkan Roda Robot dengan memberikan daya untuk berbelok, serta sebagai pengendali kecepatan robot yang memungkinkan robot untuk bergerak dengan kecepatan sesuai dengan situasi dan berguna untuk menghindari tabrakan/tabrakan alat.

7. Komputer dan Pengolahan data

Komputer digunakan untuk mengolah data sensor dan pengolahan citra, serta mengontrol operasi robot. Serta Perangkat keras seperti CPU, GPU, dan kartu pemrosesan paralel digunakan untuk analisis citra yang kompleks.

8. Baterai

Baterai pada prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATmega2560 adalah sumber daya penting yang memberikan energi untuk operasi robot, memungkinkannya bergerak secara mandiri dan efisien, dan menjalankan semua komponen elektronik yang diperlukan.

9. Modul Power Bank

Modul Powerbank dalam prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATmega2560 berperan sebagai sumber daya cadangan yang penting. Fungsinya adalah memberikan daya tambahan saat baterai utama robot mulai habis, memastikan robot dapat beroperasi lebih lama

tanpa perlu menghentikan misinya. Modul Powerbank juga menjadikan robot lebih mandiri karena dapat diisi ulang dengan mudah, mengurangi gangguan pada operasional dan menjaga konsistensi dalam mengumpulkan sampah plastik.

10. Roda menjadi bagian penting untuk membuat robot yang dibuat dapat berpergian menuju lokasi objek yang telah didapatkan.

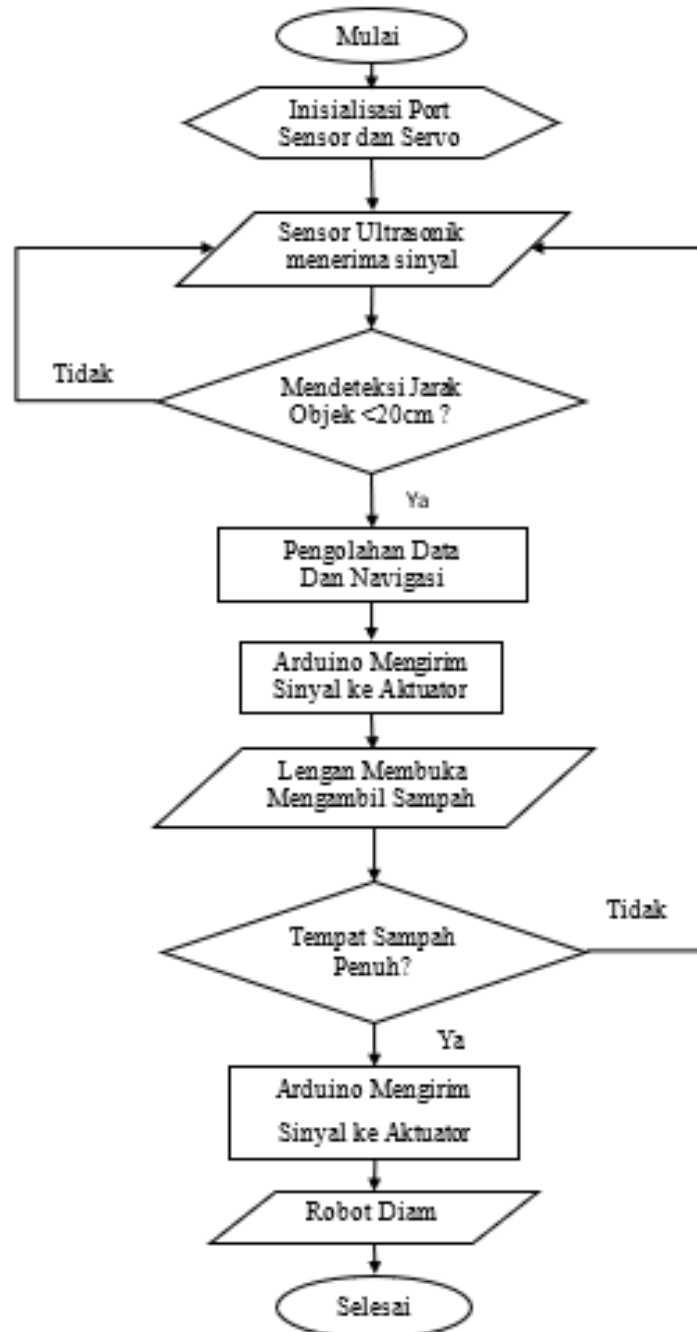
11. Kabel *Port* USB to ToF *Camera* 3D

menghubungkan kamera 3D ToF dengan Arduino, memungkinkan transfer dan proses data penting dengan cepat dan efisien untuk identifikasi dan navigasi objek sampah plastik dalam prototipe robot pemungut sampah otomatis.

Tabel 3.1 Daftar Spesifikasi Komponen

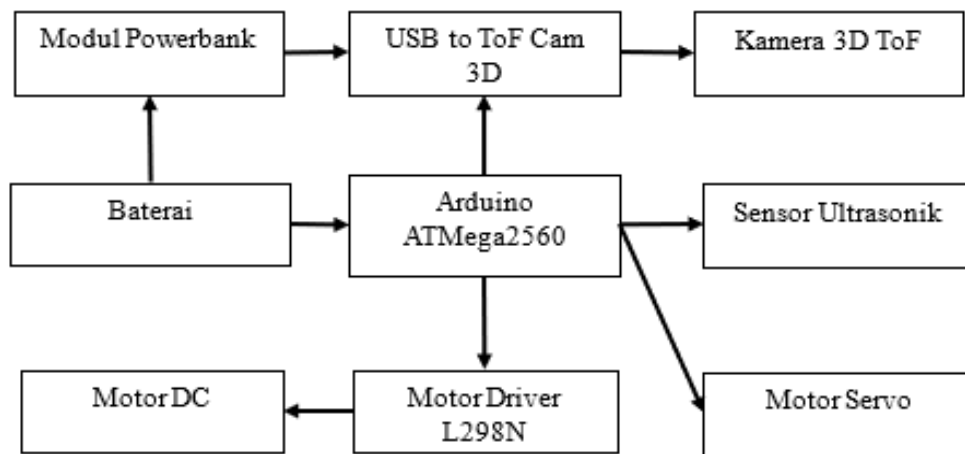
No.	Komponen	Jenis/Model	Spesifikasi Teknis
1	Arduino ATMEGA2560	Arduino ATMEGA2560	Mikrokontroler utama
2	Sensor Ultrasonik	Model XYZ-123	Mengukur jarak dan mendeteksi rintangan
3	Kamera 3D <i>Time-of-Flight</i> (ToF)	Model ABC-456	Pemetaan dan pengenalan jenis sampah plastik
4	Motor Driver L298N	L298N	Mengendalikan motor DC untuk mobilitas robot
5	Motor DC	DC Motor Model DEF-789	Menggerakkan roda robot
6	Motor Servo	Servo Motor Model GHI-1011	Mengendalikan komponen pengumpulan sampah
7	Sensor Inframerah	Model JKL-121	Mendeteksi keberadaan sampah plastik
8	Sensor Kapasitif	Model MNO-131	Pengukuran kapasitansi untuk mendeteksi sampah plastik

3.3 Langkah – langkah Penelitian (Diagram Alir)



Gambar 3.1 Diagram Alir Prototipe Robot Pemungut Sampah Otomatis

3.4 Langkah – langkah Perancangan (Diagram Blok)



Gambar 3.2 Diagram Blok Prototipe Robot Pemungut Sampah Otomatis

3.5 Teknik Pengumpulan data

Dalam penelitian rancang bangun prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATmega2560, teknik pengumpulan data dapat melibatkan berbagai metode dan instrumen.

Berikut adalah beberapa teknik pengumpulan data yang mungkin digunakan dalam penelitian tersebut:

1. Pengamatan Langsung (Observasi): Melibatkan pengamatan langsung terhadap perilaku prototipe robot saat beroperasi. Ini dapat mencakup pengamatan terhadap bagaimana robot bergerak, berinteraksi dengan lingkungan, dan mengumpulkan sampah plastik.
2. Pengukuran Jarak dan Lokasi: Untuk memantau performa robot, teknik pengukuran jarak dan lokasi mungkin digunakan. Ini bisa dilakukan dengan menggunakan sensor jarak, GPS, atau teknologi pengukuran posisi lainnya.
3. Sensor dan Peralatan Pendukung: Pemasangan berbagai sensor seperti sensor jarak, sensor tumpahan sampah, atau sensor penghindaran rintangan

pada robot untuk mengumpulkan data sehubungan dengan tugas pengumpulan sampah.

4. Kamera ToF: Penggunaan kamera ToF untuk merekam dan mengumpulkan data visual mengenai lingkungan, objek sampah, atau perilaku robot.
5. Pengukuran Kinerja: Mengumpulkan data terkait kinerja robot seperti kecepatan, efisiensi pengumpulan sampah, durasi operasi, dan sebagainya.
6. Log Data: Merekam log data internal dari robot, seperti catatan pergerakan, aktivitas sensor, atau kejadian yang terjadi selama operasi.
7. Pengujian Berulang: Melakukan pengujian berulang dengan variasi kondisi atau skenario tertentu untuk mengumpulkan data yang lebih terperinci tentang kinerja robot.
8. Instrumen Pengukuran Lainnya: Penggunaan instrumen pengukuran atau perangkat keras khusus yang sesuai dengan kebutuhan pengumpulan data, seperti alat pengukur suhu, kelembaban, atau tekanan. Penggunaan teknik pengumpulan data yang sesuai akan sangat tergantung pada tujuan penelitian, pertanyaan penelitian, serta aspek-aspek tertentu yang ingin diuji atau dievaluasi dalam rancang bangun dan pengujian prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis.

3.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian rancang bangun prototipe robot pemungut sampah plastik otomatis berbasis Arduino ATmega2560 akan melibatkan berbagai metode analisis untuk menginterpretasi data yang diperoleh selama percobaan dan pengujian. Berikut adalah beberapa teknik analisis data yang mungkin digunakan dalam penelitian tersebut:

1. Statistik Deskriptif: Menggunakan statistik deskriptif untuk merangkum dan menggambarkan data yang diperoleh, seperti menghitung rata-rata, deviasi standar, atau grafik histogram dari berbagai parameter yang diukur,

seperti kecepatan robot, jumlah sampah yang dikumpulkan, waktu operasi, dan lain sebagainya.

2. Analisis Regresi: Jika penelitian melibatkan hubungan antara variabel-variabel tertentu, teknik analisis regresi dapat digunakan untuk memahami hubungan tersebut, misalnya, bagaimana kecepatan robot berkaitan dengan jumlah sampah yang dikumpulkan.
3. Pemetaan 3D dan Citra Analisis: Jika kamera 3D ToF digunakan dalam robot, teknik pemrosesan citra dan analisis 3D dapat digunakan untuk memproses data citra dan memahami lingkungan sekitar, misalnya, untuk mendeteksi objek sampah plastik.
4. Analisis Data Kualitatif: Jika ada data kualitatif, seperti umpan balik dari pengguna robot atau hasil wawancara, teknik analisis data kualitatif seperti analisis isi atau analisis tematik dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tema dalam data tersebut.
5. Uji Hipotesis: Uji Hipotesis ini dilakukan apabila terdapat pertanyaan yang mengharuskan adanya analisa data yang lebih akurat.
6. Analisis Kesalahan dan *Debugging*: Memeriksa data untuk menentukan penyimpangan atau kesalahan dalam operasi robot dan mencari solusi untuk perbaikan.
7. Visualisasi Data: Menggunakan grafik dan visualisasi data lainnya untuk mempresentasikan hasil secara visual, memudahkan pemahaman dan komunikasi temuan penelitian.
8. Analisis Keseluruhan Sistem: Mengevaluasi keseluruhan kinerja sistem robot, termasuk efisiensi pergerakan, kemampuan mengenali objek, ketahanan baterai, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi fungsi robot. Pilihan teknik analisis data akan sangat tergantung pada tujuan penelitian, jenis data yang dikumpulkan, dan pertanyaan penelitian yang ingin dijawab.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusuma, I. W., & Suryana, I. P. (2020). "Pengembangan Prototipe Robot Pengumpul Sampah Plastik Berbasis Mikrokontroler Arduino." *Jurnal Teknologi Elektro*, 1(2), 89-97.
- [2] Pratiwi, R., & Setiawan, D. (2019). "Pengembangan Sistem Kendali Navigasi Pada Robot Pemungut Sampah Plastik Berbasis Arduino Uno." *Jurnal Teknik Informatika*, 7(1), 18-26.
- [3] Irmawati, I. *Rancang Bangun Prototype Robot Pemungut Sampah Berbasis Arduino Mega*. Diss. Universitas Negeri Makassar, 2020.
- [4] Patta, A. R., & Iskandar, I. (2019). Prototype Robot Pemungut Sampah Berbasis Arduino Mega. *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)*, 3(2), 155-164.
- [5] Handoyo, A., Prasetyo, M. T., & Saptadi, A. H. (2020). Rancang Bangun Alat Tempat Sampah Pintar Portable Berbasis Arduino. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus (Vol. 3)*.
- [6] Alam, T. H. I., & Ermin, E. (2019). Rancang Bangun Prototype Kapal Pendeteksi Dan Pengambil Sampah Otomatis Berbasis Arduino Nano. *Insect (Informatics and Security): Jurnal Teknik Informatika*, 4(2), 65-70.
- [7] Sudiharjo, A., & Setyawan, M. A. (2023). Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Pengaruh Sensor Ultrasonik (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).

- [8] Nasir, Januardi, and Eric Andrianto. "Implementasi *Quality of Service*, Limit Bandwidth Dan Load Balancing Dengan Menggunakan *Firmware Dd-Wrt* Pada *Router Buffalo Whr-Hp-G300N*." *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer* 9.1 (2018): 403-412.
- [9] Fatmawati, K., Sabna, E., & Irawan, Y. (2020). Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Riau Journal Of Computer Science*, 6(2), 124-134.
- [10] GUNTAMA, A. A. (2017). PROTOTYPE ROBOT LINE FOLLOWER PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MEMANFAATKAN SOLAR CELL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560 (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).
- [11] Nina, N., Firmawati, N., & Marzuki, M. (2022). Rancang Bangun Prototipe Robot Pembersih Lantai 3 in 1 Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Fisika Unand*, 11(2), 166-172.
- [12] Sampah, R. B. P. R. P. (2021). *JURNAL TEKNOLOGI*. *Jurnal Teknologi*, 8(2), 121-132.
- [13] Setyawan, M. A., & Sudiharjo, A. (2023). Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno dengan Pengaruh Sensor Ultrasonik.(Design of Automatic Trash Based on Arduino Uno with Ultrasonic Sensor Effect) (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya)

