

**RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH
PINTAR BERBASIS MIKROKONTROLER
SESUAI STANDAR MARPOL ANNEX 5**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan Program Diploma IV

**SARWO EDI WIBOWO
08 20 024 1 03**

**TEKNOLOGI REKAYASA
KELISTRIKAN KAPAL**

PROGRAM DIPLOMA IV

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA

TAHUN 2024

**RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH
PINTAR BERBASIS MIKROKONTROLER
SESUAI STANDAR MARPOL ANNEX 5**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan Program Diploma IV

SARWO EDI WIBOWO
08 20 024 1 03

TEKNOLOGI REKAYASA
KELISTRIKAN KAPAL

PROGRAM DIPLOMA IV
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA

TAHUN 2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SARWO EDI WIBOWO

Nomor Induk Taruna 0820024103

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis dengan judul:

RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH PINTAR BERBASIS

MIKROKONTROLER SESUAI STANDAR MARPOL ANNEX 5

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam skripsi tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, Agustus 2024

SARWO EDI WIBOWO

PERSETUJUAN SEMINAR HASIL

Judul : **RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH
PINTAR BERBASIS MIKROKONTROLER
SESUAI STANDAR MARPOL ANNEX 5**

Nama Taruna : SARWO EDI WIBOWO

Nomor Induk Taruna : 0820024103

Program Diklat : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal Dengan ini
dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Surabaya, Agustus 2024

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

(Diana Alia , S.T , M.Eng)
Penata (III/c)
NIP. 199106062019022003

(Akhmad Kasan Gupron, M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800517200521003

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknologi
Rekayasa Kelistrikan
Kapal

(Akhmad Kasan Gupron, M.Pd)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198005172005021003

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat, berkat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan karya tulis ini dengan judul Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis Mikrokontroler Sesuai Standar Marpol Annex 5. Proposal ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya ilmiah terapan ini kepada :

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan fasilitas terhadap pengerjaan skripsi
2. Bapak Akhmad Kasan Gupron, M.Pd selaku Ketua Prodi Jurusan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
3. Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng dan Bapak Akhmad Kasan Gupron, M.Pd selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, kritikan dan saran selama proses mengerjakan karya ilmiah terapan
4. Terkhusus kepada kedua orang tua tersayang Ayahanda Muklasin, Ibunda Endang Dwi Astuti yang telah memberikan doa, dukungan, kasih sayang serta fasilitas untuk saya mengerjakan karya ilmiah inidan selama saya menempuh Pendidikan di Politeknik Pelayaran Surabaya
5. Teman-teman yang sudah membantu dan memberi dukungan, doa serta semangat dalam penulisan skripsi saya, Saya berharap semoga penulisan proposal ini sangat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

ABSTRAK

Sarwo Edi Wibowo, Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis Mikrokontroler Sesuai Standar Marpol Annex 5. Karya ilmiah terapan, Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng dan Bapak Akhmad Kasan Gupron, M.Pd.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler yang sesuai dengan standar MARPOL Annex V, yang mengatur tentang pengelolaan sampah dari kapal. Sistem ini dirancang dengan menggunakan berbagai sensor, termasuk sensor proximity induktif dan kapasitif, yang memungkinkan deteksi dan pemisahan otomatis jenis sampah logam, plastik, dan organik ke dalam kompartemen yang sesuai. Teknologi ini diharapkan mampu membantu pengelolaan sampah yang lebih baik di kapal, sehingga dapat mengurangi pencemaran laut akibat sampah yang tidak dikelola dengan baik. Selain itu, dengan penerapan standar MARPOL Annex V, sistem ini bertujuan untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi internasional yang melarang pembuangan sampah sembarangan di laut.

Pengujian terhadap tempat sampah pintar ini menunjukkan kinerja yang efektif dan efisien dalam mendeteksi dan memilah sampah, dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi. Sensor yang digunakan mampu bekerja secara konsisten dalam mendeteksi berbagai jenis sampah, meskipun terdapat beberapa error kecil yang bisa diatasi melalui kalibrasi sensor lebih lanjut. Inovasi ini memiliki potensi besar untuk diterapkan tidak hanya di lingkungan kapal, tetapi juga di area lain yang memerlukan pengelolaan sampah otomatis. Dengan penerapan teknologi ini, diharapkan dapat tercipta sistem pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan industri maritim serta perlindungan ekosistem laut.

Kata Kunci : Tempat sampah pintar, Mikrokontroler, MARPOL Annex V, Pengelolaan sampah, Pemilahan otomatis.

ABSTRAK

Sarwo Edi Wibowo, Design and Construction of Smart Trash Bins Based on Microcontrollers According to MARPOL Annex 5 Standards. Applied scientific work, Surabaya Maritime Polytechnic. Supervised by Mrs. Diana Alia, S.T, M.Eng and Mr. Akhmad Kasan Gupron, M.Pd.

This study aims to design and develop a smart trash bin based on a microcontroller that complies with the MARPOL Annex V standard, which regulates waste management from ships. This system is designed using various sensors, including inductive and capacitive proximity sensors, which enable automatic detection and separation of metal, plastic, and organic waste types into appropriate compartments. This technology is expected to help better waste management on ships, thereby reducing marine pollution due to waste that is not managed properly. In addition, by implementing the MARPOL Annex V standard, this system aims to ensure compliance with international regulations that prohibit littering at sea.

Testing of this smart trash bin shows effective and efficient performance in detecting and sorting waste, with a fairly high success rate. The sensors used are able to work consistently in detecting various types of waste, although there are some minor errors that can be overcome through further sensor calibration. This innovation has great potential to be applied not only in the ship environment, but also in other areas that require automatic waste management. With the application of this technology, it is hoped that a more environmentally friendly waste management system can be created and support the sustainability of the maritime industry and the protection of marine ecosystems.

Keywords: Smart trash bin, Microcontroller, MARPOL Annex V, Waste management, Automatic sorting.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori.....	9
1. Tempat Sampah Pintar.....	10
2. Pengelolaan Sampah.....	11
3. Mikrokontroller	12

4.	Sistem Otomatisasi	14
5.	Standar MARPOL Annex 5.....	16
6.	Arduino Uno	18
7.	Sensor Proximity Induktif.....	19
8.	Sensor Proximity Kapasitif	20
9.	Servo.....	21
10.	<i>Printed Circuit Board</i> (PCB)	23
BAB III METODE PENELITIAN		26
A.	Perancangan Sistem.....	26
1.	Diagram Blok Sistem	26
2.	Flowchart Sistem.....	27
B.	Desain 3D.....	29
C.	Rencana Pengujian.....	30
1.	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	31
2.	Pengujian Alat	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		33
A.	Uji Coba Produk.....	33
1.	Uji Coba Arduino Uno	33
2.	Uji Coba Sensor Proximity Induktif.....	34
3.	Uji Coba Sensor Proximity Kapasitif	35
4.	Uji Coba Servo	35
B.	Penyajian Data.....	39

C. Analisis Data	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya (2024).....	6
Tabel 4. 1 Pengujian Berdasarkan Beban	39
Tabel 4. 2 Sampah Logam.....	40
Tabel 4. 3 Sampah Plastik	40
Tabel 4. 4 Sampah Organik	41
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Beban.....	42
Tabel 4. 6 Kegagalan Sensor	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Tempat Sampah Pintar.....	10
Gambar 2. 2 Jenis Tempat Sampah.....	11
Gambar 2. 3 Mikrokontroler	12
Gambar 2. 4 Otomasi Industri	14
Gambar 2. 5 Pencemaran Air Laut.....	16
Gambar 2. 6 Arduino Uno	18
Gambar 2. 7 Sensor Proximity Induktif	19
Gambar 2. 8 Sensor Proximity Kapasitif.....	20
Gambar 2. 9 Motor Servo	21
Gambar 2. 10 PCB	23
Gambar 3. 1 Blok sistem yang dirancang	26
Gambar 3. 2 Flowchart.....	27
Gambar 3. 3 Ilustrasi Desain	29
Gambar 4. 1 Arduino Uno Aktif.....	34
Gambar 4. 2 Sensor Proximity Induktif Aktif.....	34
Gambar 4. 3 Sensor Proximity Kapasitif Aktif	35
<i>Gambar 4. 4 Pengujian Kemiringan Servo (1) 0⁰ (2) 45⁰ (3) 90⁰ (4) 135⁰ (5) 180⁰...</i>	36
Gambar 4. 5 Sensor Induktif Menggerakkan Servo	37
Gambar 4. 6 Sensor Kapasitif Menggerakkan Servo.....	38

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, sampah menjadi isu penting yang dihadapi seluruh dunia. Tak terkecuali pada dunia maritim. Menurut Hasil perhitungan sementara dari Tim Koordinasi Sekretariat Nasional Penanganan Sampah Laut pada (Sucahyo, 2021) , total sampah yang masuk ke laut pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 521.540 ton, dimana sekitar 12.785 ton berasal dari aktivitas di laut dikarenakan kurangnya tingkat kesadaran manusia. Dimana salah satu aspek penting dalam pengelolaan sampah adalah pengumpulan yang efisien dan efektif. Sampah yang tidak terkumpul dengan baik dapat menimbulkan pencemaran ekosistem laut. Hal ini juga berlaku untuk sampah yang ada di laut akibat aktivitas manusia.

Penelitian tentang tempat sampah otomatis dapat menjadi solusi inovatif untuk membantu kapal-kapal mematuhi peraturan MARPOL Annex 5 dengan lebih baik. Dengan tempat sampah otomatis, limbah padat dapat dikumpulkan dan diproses secara efisien di kapal, mengurangi kemungkinan pembuangan langsung ke laut. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan teknologi. Penggunaan mikrokontroler sebagai otak dari sistem pintar untuk tempat sampah dapat memberikan solusi yang inovatif dan terukur. Dengan memadukan sensor- sensor yang tepat dan sistem otomatisasi yang terintegrasi, tempat sampah pintar ini dapat menjadi solusi yang efektif dalam

mengoptimalkan pengumpulan sampah. Dengan teknologi tempat sampah pintar ini dapat dilakukan pemisahan berdasarkan jenisnya sehingga dapat lebih mudah diolah, sampah plastik, kaca, dan logam dapat didaur ulang menjadi produk bermanfaat sedangkan sampah organik dapat digunakan untuk kompos atau pakan ternak. Dalam mengatasi pencemaran air laut akibat sampah terdapat Standar *Marine Pollution* (MARPOL) Annex 5, IMO.

“*Prevention of Pollution by Garbage from Ships*”

<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Garbage-Default.aspx>

2019, yang berisi tentang aturan (*garbage management plan*) pengelolaan, pengendalian, dan pembuangan sampah yang dihasilkan kapal. Yang dimaksud dengan sampah (*garbage*) adalah Semua jenis sisa makanan, limbah domestik dan sisa operasional domestik kapal tidak termasuk ikan segar, semua jenis bahan-bahan buangan dari kapal yang tidak digunakan contoh; jenis *sampah garbage* dikapal yaitu kertas, plastik, metal, dan lain-lain. Oleh karena itu, rancang bangun tempat sampah pintar ini tidak hanya relevan untuk meningkatkan pengelolaan sampah secara umum, tetapi juga mematuhi peraturan internasional yang berkaitan dengan perlindungan lingkungan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler yang sesuai dengan standar MARPOL Annex 5.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam upaya pengelolaan sampah yang berkelanjutan serta mematuhi regulasi internasional yang berlaku. Selain itu, pengembangan teknologi tempat sampah pintar juga diharapkan dapat menjadi model bagi

pengembangan sistem serupa di berbagai lokasi lainnya.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain rancangan tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler sesuai standar MARPOL Annex 5?
2. Bagaimana kinerja tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler ini memilah berbagai sampah yakni sampah logam, plastik, dan organik?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diulas pada rancang bangun tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler sesuai standar MARPOL Annex 5 sebagai berikut :

- a. Pada penelitian ini hanya menggunakan prototipe untuk tempat sampah pintar dengan ukuran 100cm x 50cm x 100cm.
- b. Pada penelitian ini alat yang digunakan hanya :
 - Sensor Proximity Induktif LJ12A3-4-Z/EX 6-36V DC
 - Sensor Proximity Kapasitif LJC18A3-B-Z/AX 6-36V DC
 - Arduino Uno
 - Motor Servo MG996
- c. Pada penelitian ini memilah sampah dan memiliki kriteria :
 - Sampah Logam : Kaleng minuman, Besi Tua, Potongan Kawat, Paku Bekas, DLL

- Sampah Plastik : Kantong, Plastik, Botol Minuman Plastik, Gelas Plastik, Styrofoam, DLL.
- Sampah Organik : Kayu, Kardus, Kertas, Dedaunan, Sisa Sayuran Dan Buah, DLL.
- Ukuran maksimal sampah yang dapat ditampung adalah 5cm x5cm x 10cm.
- Berat maksimal sampah yang dapat ditampung adalah 1kg.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui cara pembuatan tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler.
- b. Untuk mengetahui cara tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler ini memisahkan sampah sesuai dengan jenis-jenisnya.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut :

- a. Manfaat Teoritis
 1. Bagi penulis untuk dapat menerapkan teori tentang penggunaan tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler yang diperoleh pada pembelajaran di kampus serta menambah pengetahuan bagi peneliti.
 2. Manfaat untuk Institusi yaitu Politeknik Pelayaran Surabaya sebagai bahan acuan yang dapat diterapkan di dalam Institusi guna

menyiapkan calon perwira yang memiliki kecakapan dan pengetahuan.

b. Manfaat secara praktis

1. Sebagai pengetahuan dan membantu pembaca dalam meningkatkan ilmu pengetahuan untuk melakukan penelitian lanjutan yang berhubungan dengan masalah diatas, sehingga dapat dikembangkan di dalam dunia industri.
2. Manfaat untuk institusi yaitu guna menyiapkan calon perwira yang dapat memiliki keunggulan di bidang mikrokontroler terutama pengembangan dan penggunaan sensor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Review Penelitian Sebelumnya*

Pada beberapa dekade terakhir sampah menjadi perhatian dari berbagai kalangan, mulai dari pemerintah hingga peneliti di seluruh dunia. Beberapa penelitian dan studi kasus terdahulu terkait sampah dan pengelolaannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 *Review Penelitian Sebelumnya (2024)*

No	Nama	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	(Ithape, Lungase, & Mohare, 2019)	Automation of smart waste management using IoT	Makalah ini mengusulkan metode lanjutan di mana pengelolaan sampah dilakukan secara otomatis. Frekuensi radio identifikasi (RFID) adalah salah satu teknologi yang paling menjanjikan dan diantisipasi dalam beberapa tahun terakhir. Sistem memanfaatkan tag frekuensi radio (RF) dan dukungan web. Karya yang disajikan di sini tentu memberikan sebuah novel pendekatan dalam penanganan dan pembuangan limbah padat	Penelitian sebelumnya menggunakan sensor ultrasonik, sedangkan penelitian yang saat ini menggunakan sensor proximity induktif dan proximity kapasitif

			sehari-hari dengan cara yang efisien dan mudah. Sistem terdiri dari empat subsistem utama yaitu <i>Smart Trash System</i> (STS), Local Base Station (LBS), Smart Sistem Kendaraan (SVS) dan Pondok Pemantauan dan Pengendalian Cerdas (SMCH). Sistem yang diusulkan adalah mampu mengotomatiskan proses pemantauan limbah padat dan pengelolaan proses pengumpulan secara keseluruhan. Metode : Penelitian ini menggunakan metode <i>Research and Development</i> (RnD) berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT)	
--	--	--	---	--

2.	(Ady, 2019)	Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik	Tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik sebagai alat untuk mengotomatisasi tempat sampah manual supaya memudahkan masyarakat untuk membuang sampah dan meningkatkan kesadaran terhadap kebersihan lingkungan. Tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik dikendalikan melalui mikrokontroler. Sensor ultrasonik mendeteksi seseorang di depan tempat sampah selama kurang dari 3 detik. Data diproses oleh arduino uno untuk memutar motor servo dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah serta speaker mengeluarkan suara “terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya” Metode : Penelitian ini menggunakan metode <i>Research and Development</i> (RnD)	Pada penelitian sebelumnya ini hanya berfokus pada otomatis buka tutup tempat sampah, sedangkan penelitian ini berfokus pada pemilahan jenis sampah.
----	-------------	---	--	--

3	(Santoso, et al., 2023)	Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Dengan Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Disertai Notifikasi Sms Berbasis Arduino	Pada penelitian kali ini kita akan membuat alat untuk memilah sampah organik dan anorganik beserta SMS notifikasi berbasis arduino yaitu dengan membuat alat untuk memilah jenis sampah organik dan jenis sampah anorganik yang nantinya akan diklasifikasikan secara terpisah dan dikumpulkan di tempatnya masing-masing agar sampahnya tidak tercampur. Metode : Penelitian ini menggunakan metode <i>Research and Development</i> (RnD)	Perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah hanya memisahkan sampah organik dan anorganik sedangkan pada penelitian yang saat ini sedang dilakukan akan memisahkan sampah jenis logam, plastik, dan organik
---	-------------------------	--	--	---

B. Landasan Teori

Landasan teori digunakan sebagai sumber teori yang dijadikan dasar dari pada sebuah penelitian, secara umum landasan teori berisikan tentang kerangka, definisi, konsep, dan proposisi yang telah disusun dan diringkas secara sistematis tentang variabel-variabel dalam sebuah penelitian, yang berfungsi untuk mengaitkan dengan pengetahuan baru dan memudahkan peneliti dalam Menyusun sebuah hipotesis dan metodologi penelitian (Salma, 2023).

1. Tempat Sampah Pintar

Meskipun sudah tersedianya tempat sampah sesuai dengan jenisnya, tetapi masih ada yang membuang sampah tidak sesuai dengan jenisnya. Tempat sampah yang sudah penuh harus menunggu sampai diambil kembali oleh petugas kebersihan sehingga dibiarkan menumpuk. Apabila tumpukan yang semakin meningkat tersebut tidak diimbangi dengan pengolahan yang baik maka akan muncul berbagai permasalahan.



Gambar 2. 1 Contoh Tempat Sampah Pintar

Sumber : <https://i.ytimg.com/vi/JxOYS8fAJ-A/maxresdefault.jpg>

Beberapa jenis sampah harus dibuang sesegera mungkin dan sejauh mungkin karena dapat membusuk sehingga mengeluarkan bau yang tidak sedap, mengundang bibit penyakit, dan kerugian lainnya. Untuk dapat mengatasi permasalahan lingkungan akibat sampah diantaranya dengan mengelola sampah dengan baik dan benar, seperti sampah organik dan anorganik, keduanya dapat dimanfaatkan atau didaur ulang dengan memisahkan sesuai tempatnya terlebih dahulu. Dalam permasalahan tersebut kita harus berinovasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan kita dengan merancang tempat sampah pintar yang bisa memantau tempat penampungan sampah sudah terisi penuh.

2. Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah merupakan proses yang sangat penting dalam menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan manusia. Pengelolaan sampah mencakup berbagai tahapan, mulai dari pengumpulan, pemindahan, pemrosesan, daur ulang, hingga pembuangan akhir. Tahapan-tahapan ini perlu dilakukan dengan cara yang aman dan efisien untuk meminimalkan dampak negatifnya. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sampah adalah pemilahan sampah berdasarkan jenisnya. Dengan pemilahan yang tepat, sampah dapat diarahkan ke proses daur ulang yang sesuai, sehingga dapat mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir.



Gambar 2. 2 Jenis Tempat Sampah

sumber: <https://i.ytimg.com/vi/JxOYS8fAJ-A/maxresdefault.jpg>

Tantangan dalam pengelolaan sampah juga berkaitan dengan teknologi dan inovasi. Pengembangan teknologi daur ulang yang lebih efisien dan ramah lingkungan dapat membantu mengurangi volume sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir. Selain itu, penelitian dan pengembangan dalam bidang material juga dapat membantu menciptakan produk-produk yang lebih

mudah didaur ulang dan memiliki jejak karbon yang lebih rendah (Aminah & Muliawati, 2021).

3. Mikrokontroller

Fungsi utama mikrokontroler adalah untuk mengontrol dan mengatur berbagai fungsi dan operasi dalam sistem tertentu. Ini dapat mencakup pengendalian perangkat elektronik seperti sensor, aktuator, motor, lampu, layar, dan berbagai perangkat lainnya. Mikrokontroler biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk otomasi industri, kendali mesin, sistem keamanan, perangkat medis, kendaraan otonom, sistem pemantauan, dan banyak lagi (Ferdinand, 2021).



Gambar 2. 3 Mikrokontroller

Sumber : [https://raharja.ac.id/wp-](https://raharja.ac.id/wp-content/uploads/2021/10/MIKROKONTROLER.jpg)

[content/uploads/2021/10/MIKROKONTROLER.jpg](https://raharja.ac.id/wp-content/uploads/2021/10/MIKROKONTROLER.jpg)

Salah satu keunggulan utama mikrokontroler adalah ukurannya yang kecil dan hemat energi. Hal ini membuatnya sangat cocok digunakan dalam perangkat-portabel, sistem baterai-tenaga, dan aplikasi yang memerlukan ukuran fisik yang kecil. Selain itu, mikrokontroler juga dapat diprogram ulang (reprogrammable), yang memungkinkan pengembang untuk mengubah fungsi

dan perilaku perangkat sesuai kebutuhan tanpa harus mengganti perangkat kerasnya. (Widharma, 2023)

Prosesor inti dalam mikrokontroler biasanya merupakan arsitektur Reduced Instruction Set Computer (RISC) yang dirancang untuk kinerja yang efisien dan cepat dalam mengeksekusi instruksi-instruksi sederhana. Mikrokontroler juga dilengkapi dengan memori internal dan eksternal yang digunakan untuk menyimpan program aplikasi, data, dan konfigurasi sistem.

Dalam pengembangan perangkat elektronik, pemrograman mikrokontroler sangatlah penting. Pemrograman dilakukan menggunakan bahasa pemrograman tertentu seperti C, C++, atau bahasa skrip lainnya. Pengembang menulis kode program untuk mengatur perilaku mikrokontroler dan mengimplementasikan fungsi-fungsi yang diinginkan (Kohli, 2023).

Selain itu, penggunaan mikrokontroler juga dapat diperluas dengan berbagai modul eksternal, seperti sensor-sensor, antarmuka komunikasi (misalnya UART, SPI, I2C), modul jaringan (misalnya Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth), dan modul lainnya yang dapat meningkatkan kemampuan dan fungsionalitas sistem secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, mikrokontroler merupakan komponen kunci dalam berbagai sistem elektronik modern. Dengan kemampuannya untuk mengontrol dan mengatur berbagai perangkat elektronik, mikrokontroler menjadi fondasi dari berbagai aplikasi yang kita gunakan sehari-hari, mulai dari perangkat rumah tangga hingga kendaraan otonom dan sistem industri yang canggih.

4. Sistem Otomatisasi

Sistem otomatisasi adalah suatu sistem yang dirancang untuk melakukan tugas-tugas tertentu secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia secara langsung. Tujuan utama dari sistem otomatisasi adalah untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan keamanan dalam menjalankan suatu proses atau aktivitas. Sistem otomatisasi biasanya terdiri dari beberapa komponen, termasuk sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan atau input, perangkat pemroses seperti mikrokontroler atau komputer untuk mengolah informasi dari sensor, dan aktuator untuk melakukan tindakan atau output berdasarkan hasil pengolahan informasi (Pilo, 2023).

Gambar 2. 4 Otomasi Industri



Sumber : <https://laskarotomasi.b-cdn.net/wp-content/uploads/2021/07/sistem-otomasi-pada-industri-manufaktur-1.jpg>

Contoh sistem otomatisasi termasuk sistem kendali suhu dalam ruangan, sistem produksi otomatis dalam industri manufaktur, dan sistem navigasi otomatis dalam kendaraan tanpa awak. Dalam setiap aplikasinya, sistem otomatisasi bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada intervensi

manusia langsung, mengurangi kesalahan manusia, dan meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan.

Keuntungan dari penggunaan sistem otomatisasi meliputi:

- a. Efisiensi: Sistem otomatisasi dapat bekerja secara terus menerus tanpa kelelahan, meningkatkan produktivitas dan kinerja proses.
- b. Konsistensi: Dengan menghilangkan faktor manusia, sistem otomatisasi dapat menjaga konsistensi dalam melakukan tugas-tugas tertentu, menghasilkan output yang sama pada setiap siklus atau iterasi.
- c. Keamanan: Sistem otomatisasi dapat mengurangi risiko kecelakaan atau kegagalan karena kesalahan manusia, terutama dalam lingkungan yang berbahaya atau kritis.
- d. Fleksibilitas: Sistem otomatisasi dapat dirancang untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi atau persyaratan, memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perubahan lingkungan atau kebutuhan produksi.
- e. Monitoring dan Pengendalian: Dengan adanya sensor dan pemrosesan data yang terintegrasi, sistem otomatisasi dapat memberikan informasi real-time tentang kinerja proses dan memungkinkan pengendalian yang akurat terhadap operasi sistem.

Dalam perkembangannya, sistem otomatisasi semakin berkembang dan mengintegrasikan teknologi-teknologi baru seperti kecerdasan buatan Artificial Intelligence (AI) dan Internet of Things (IoT) untuk menciptakan sistem yang lebih pintar, adaptif, dan terkoneksi (Badkar, 2023).

5. Standar MARPOL Annex 5

Standar MARPOL Annex 5 adalah bagian dari Konvensi Internasional untuk Mencegah Pencemaran oleh Kapal (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships), yang dikeluarkan oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO). Annex 5 dari Marine Pollution (MARPOL) Convention memberikan pedoman bagi negara-negara anggota untuk mengatur pembuangan sampah dari kapal ke perairan laut.



Gambar 2. 5 Pencemaran Air Laut

Sumber : https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2015/11/15782_1550_1.jpg

Standar MARPOL Annex 5 mengatur pengelolaan sampah di kapal, terutama fokus pada pengurangan dan pengelolaan sampah plastik. Annex 5 memperinci larangan pembuangan sampah plastik ke laut, serta mengatur prosedur untuk pemilahan, penyimpanan, pengelolaan, dan pembuangan sampah lainnya di kapal.

Beberapa poin penting dalam Standar MARPOL Annex 5 antara lain:

- a. Larangan Pembuangan Sampah Plastik: Annex 5 secara tegas melarang pembuangan sampah plastik ke laut, termasuk serat plastik dari kapal

kecuali dalam keadaan tertentu seperti dalam kondisi khusus yang telah diatur.

- b. Penyimpanan dan Pemrosesan Sampah: Standar ini mengatur cara penyimpanan dan pemrosesan sampah di kapal sebelum pembuangan di tempat yang ditentukan, termasuk persyaratan untuk menyortir, menyimpan, dan memproses sampah sebelum dibuang.
- c. Dokumentasi dan Pelaporan: Annex 5 juga menetapkan persyaratan untuk dokumentasi dan pelaporan terkait pengelolaan sampah di kapal, termasuk pencatatan jumlah dan jenis sampah yang dihasilkan, disimpan, dan dibuang.
- d. Penegakan dan Sanksi: Negara-negara anggota diminta untuk menegakkan Standar MARPOL Annex 5 melalui sistem pengawasan dan pemeriksaan kapal-kapal yang berlabuh di pelabuhan mereka. Sanksi dapat diberlakukan terhadap kapal-kapal yang melanggar ketentuan Annex 5.
- e. Didikan dan Kesadaran: Annex 5 juga menekankan pentingnya pendidikan dan kesadaran terhadap awak kapal dan masyarakat maritim secara umum tentang pentingnya pengelolaan sampah laut yang berkelanjutan.
- f. Didikan dan Kesadaran: Annex 5 juga menekankan pentingnya pendidikan dan kesadaran terhadap awak kapal dan masyarakat maritim secara umum tentang pentingnya pengelolaan sampah laut yang berkelanjutan.

Standar MARPOL Annex 5 merupakan bagian integral dari upaya global untuk melindungi lingkungan laut dari pencemaran, terutama oleh sampah plastik yang semakin menjadi perhatian utama karena dampaknya yang merusak bagi ekosistem laut dan kesehatan manusia. Melalui implementasi ketat Standar MARPOL Annex 5, diharapkan dapat mengurangi jumlah sampah plastik yang mencemari laut dan mendorong praktek pengelolaan sampah yang lebih bertanggung jawab di industri perkapalan.

6. Arduino Uno



Gambar 2. 6 Arduino Uno

Sumber: https://cdn-reichelt.de/bilder/web/xxl_ws/B300/ARDUINO_UNO_A06.png

Arduino uno adalah salah satu jenis papan mikrokontroler berbasis ATmega328, arduino merupakan perangkat yang bersifat open source dan sering digunakan untuk membuat dan merancang perangkat elektronik. Ditambah lagi software-nya yang mudah digunakan untuk membantu pekerjaan pengguna. Arduino memiliki beberapa kegunaan, salah satunya adalah untuk mengembangkan perangkat yang dapat bekerja secara otomatis. Arduino juga

memiliki komponen penting yaitu, pin, mikrokontroler, dan konektor (Setiawan, 2022).

7. Sensor Proximity Induktif

Sensor proximity induktif adalah sensor yang dapat mendeteksi ada atau tidaknya suatu objek tanpa adanya kontak fisik. Objek yang dapat terdeteksi oleh sensor ini adalah jenis-jenis logam seperti besi, baja, dan alumunium.



Gambar 2. 7 Sensor Proximity Induktif

Sumber : <https://a2delectronics.ca/wp-content/uploads/2018/07/Inductive-%20Proximity-Sensor.jpg>

Sensor akan tetap dapat mendeteksi objek selama dalam jarak sensing distance atau jangkauan toleransinya. Jika sensor mendeteksi adanya logam di area sensing-nya, maka kondisi output sensor akan berubah nilainya. Prinsip kerja sensor proksimitas induktif adalah jika tegangan bias diberikan pada rangkaian maka osilator akan bekerja dan membangkitkan medan magnet berfrekuensi tinggi (yang merupakan daerah sensing) pada lilitan induksi (induction coil). Jika benda berbahan konduktif (bersifat penghantar, misalkan logam) didekatkan ke permukaan sensor ini, maka akan terjadi perubahan

medan magnet. Perubahan medan magnet ini akan dideteksi oleh rangkain detektor (berupa Current Sensor). Kemudian hasil dari rangkaian detektor ini menjadi output sensor (berupa logic high atau low, tergantung dari modenya, NO atau NC) (Santoso, et al., 2023).

8. Sensor Proximity Kapasitif

Sensor proximity kapasitif adalah sensor yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif yakni kumparan sisi aktif dari sensor kapasitif dibentuk dari dua elektroda logam, mirip dengan kapasitor terbuka atau satu plat logam pada proximity dan plat target sebagai plat kedua.



Gambar 2. 8 Sensor Proximity Kapasitif

Sumber : <https://www.direnc.net/kapasitif-pnp-proximity-sensor-ljc18a3-h-zby-en-proximity-sensors-china-37476-63-B.jpg>

Saat objek memasuki sisi sensor, target memasuki medan elektrostatis yang dibentuk oleh elektroda menyebabkan kenaikan kapasitansi rangkaian, dan mulai berosilasi. Konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrik. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak

lempeng, perubahan luas penampang dan perubahan volume dielektrik sensor kapasitif tersebut (Santoso, et al., 2023).

9. Servo

Servo adalah perangkat mekanis atau elektronik yang digunakan untuk mengontrol pergerakan linear atau rotasi dalam suatu sistem. Servo umumnya terdiri dari sebuah motor yang dikendalikan oleh suatu sinyal kontrol, gearbox untuk mengubah gerakan motor menjadi gerakan yang diinginkan, dan sensor umpan balik untuk memberikan informasi tentang posisi atau kecepatan gerakan.



Gambar 2. 9 Motor Servo

Sumber : <https://www.waveshare.com/img/devkit/accBoard/MG996R->

Perangkat servo sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan pengaturan presisi, seperti robotika, otomasi industri, kendaraan terbang, dan peralatan elektronik lainnya (Syahrul, 2022). Ada beberapa jenis servo yang umum digunakan, diantaranya:

- a. Servo Motor DC: Servo motor DC menggunakan motor DC sebagai penggeraknya. Gerakan servo motor ini dikontrol oleh sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dikirimkan ke kontrol servo. Ketika

sinyal PWM diberikan, servo motor akan berputar ke posisi yang sesuai dengan lebar pulsa sinyal tersebut.

- b. Servo Motor AC: Servo motor AC menggunakan motor AC untuk menggerakkan mekanisme servo. Prinsip kerjanya mirip dengan servo motor DC, tetapi menggunakan arus listrik AC sebagai sumber daya.
- c. Servo Motor *Brushless*: Servo motor *brushless* menggunakan motor tanpa sikat yang lebih efisien dan tahan lama daripada motor DC biasa. Mereka sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan torsi tinggi dan kecepatan tinggi, seperti robot industri dan kendaraan otonom.
- d. Servo Motor Linear: Servo motor linear mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan linear. Mereka digunakan dalam aplikasi di mana pergerakan linier diperlukan, seperti sistem pembuatan otomatis, mesin CNC, dan peralatan medis.
- e. *Pulse Width Modulation* (PWM): Metode ini menggunakan sinyal PWM untuk mengontrol posisi servo. Lebar pulsa sinyal PWM menentukan posisi atau sudut putaran servo.
- f. *Proportional-Integral-Derivative* (PID): Metode kontrol PID menggunakan algoritma kontrol untuk mengatur posisi servo berdasarkan perbedaan antara posisi yang diinginkan dan posisi sebenarnya, serta kecepatan perubahan posisi.
- g. *Feedback Loop*: Beberapa servo dilengkapi dengan sensor umpan balik, seperti encoder atau potensiometer, yang memberikan informasi

tentang posisi atau kecepatan gerakan. Informasi ini digunakan untuk mengoreksi posisi servo jika ada perubahan yang tidak diinginkan.

Servo sering digunakan dalam berbagai proyek Do It Yourself (DIY) dan pengembangan produk, karena kemampuannya untuk memberikan kontrol presisi dalam berbagai aplikasi. Dengan berbagai jenis dan metode kontrol yang tersedia, servo dapat diadaptasi untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam berbagai bidang, mulai dari robotika hingga otomasi industri.

10. Printed Circuit Board (PCB)



Gambar 2. 10 PCB

Sumber : <https://id-live-03.slatic.net/p/2/10pcs-double-side-prototype-pcb-diy-universal-printed-circuit-board254mm-46cm-intl-1504673092-18373393-71c3fa7c689339fdca87850a97598c0f-product.jpg>

Printed Circuit Board (PCB) adalah platform fisik yang digunakan untuk mendukung dan menghubungkan komponen elektronik dalam suatu rangkaian atau sistem elektronik. PCB biasanya terbuat dari bahan non-konduktif seperti fiberglass atau epoksi yang dilapisi dengan lapisan logam konduktif seperti tembaga. Lapisan logam ini kemudian dicetak dengan pola yang sesuai dengan jalur sirkuit yang diinginkan untuk menghubungkan komponen elektronik (Yuliadi, 2014).

Berikut adalah beberapa komponen utama dari PCB:

- a. Substrat: Substrat adalah bahan non-konduktif seperti fiberglass atau epoksi yang membentuk struktur dasar dari PCB. Ini memberikan dukungan mekanis dan isolasi listrik antara jalur sirkuit.
- b. Lapisan Konduktif: Lapisan konduktif, biasanya terbuat dari tembaga, ditempatkan di atas substrat PCB. Lapisan ini membentuk jalur sirkuit yang menghubungkan komponen elektronik yang terpasang pada PCB.
- c. Jalur Sirkuit: Jalur sirkuit adalah pola tembaga yang tercetak di atas lapisan konduktif PCB. Ini membentuk jalur listrik yang menghubungkan komponen-komponen elektronik. Jalur sirkuit dapat berbentuk lurus, berliku, atau berpola lainnya sesuai dengan desain sirkuit.
- d. Pad: Pad adalah area tembaga yang lebih besar tempat komponen elektronik atau terminal dipasang dan dihubungkan ke jalur sirkuit. Pad sering digunakan untuk soldering atau penyambungan mekanis.
- e. Via: Via adalah lubang kecil yang terbuat dari logam yang menembus lapisan konduktif PCB. Via digunakan untuk menghubungkan jalur sirkuit dari satu lapisan PCB ke lapisan lainnya. Ada dua jenis via: through-hole dan surface-mount via.

PCB digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik, termasuk perangkat elektronik konsumen, perangkat medis, sistem komunikasi, kendaraan otomotif, dan banyak lagi. Mereka memberikan platform yang stabil dan efisien untuk merancang dan memproduksi sirkuit elektronik kompleks

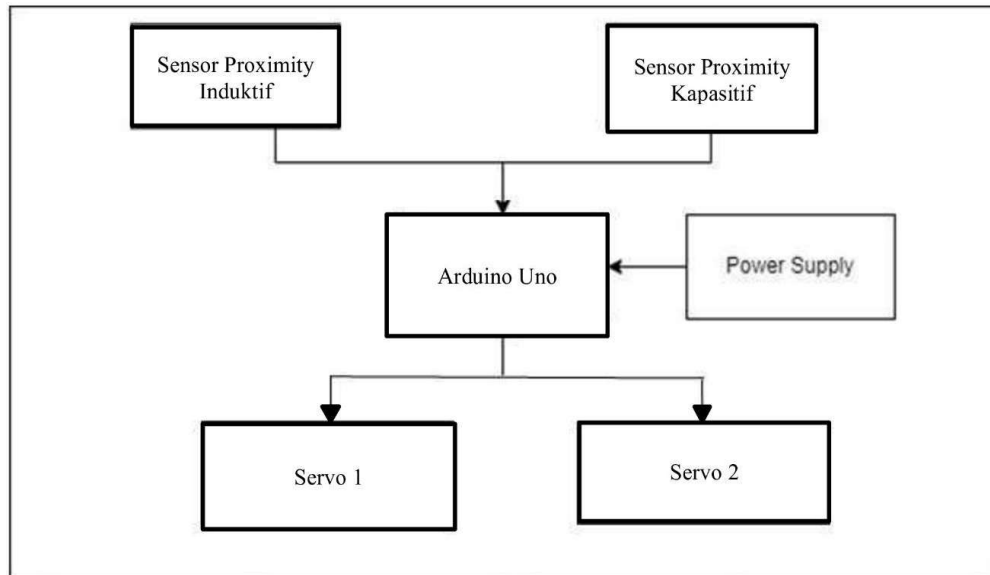
dengan ukuran dan keandalan yang tinggi. Proses pembuatan PCB meliputi desain layout, produksi prototipe, dan manufaktur massal menggunakan teknik seperti fotolitografi, etsa kimia, dan soldering.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

1. Diagram Blok Sistem

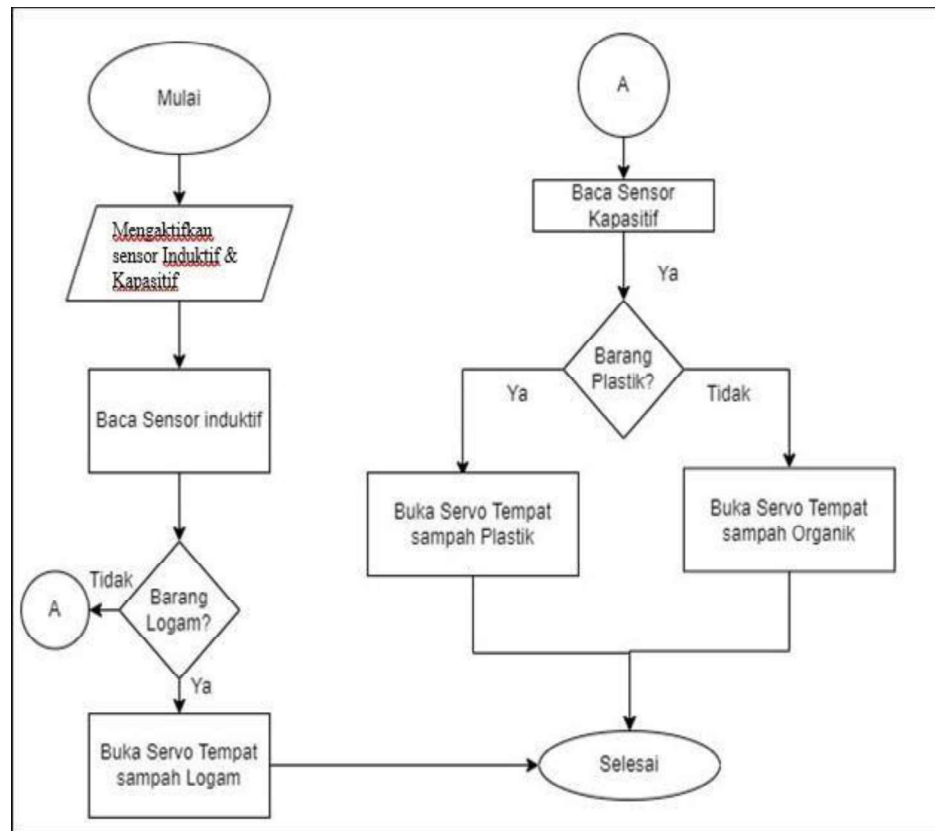


Gambar 3. 1 Blok sistem yang dirancang
Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Penelitian ini menggabungkan beberapa komponen dalam sistemnya, yang mana salah satunya adalah Arduino Uno berfungsi sebagai inti dari pengolahan data. Arduino Uno bertanggung jawab mengatur pergerakan Servo dan memantau input dari sejumlah sensor, termasuk sensor proximity induktif yang berfungsi sebagai pendeteksi sampah logam atau non-logam, dan sensor proximity kapasitif yang berfungsi sebagai pendeteksi sampah plastik atau organik. Dua Servo

dipergunakan untuk mengendalikan pintu tempat sampah, sehingga sampah yang dimasukkan dapat diarahkan ke kotak sampah yang sesuai dengan jenisnya. Keseluruhan struktur sistem dijelaskan dalam Blok Diagram yang tercantum pada Gambar 3.1.

2. Flowchart Sistem



Gambar 3. 2 Flowchart

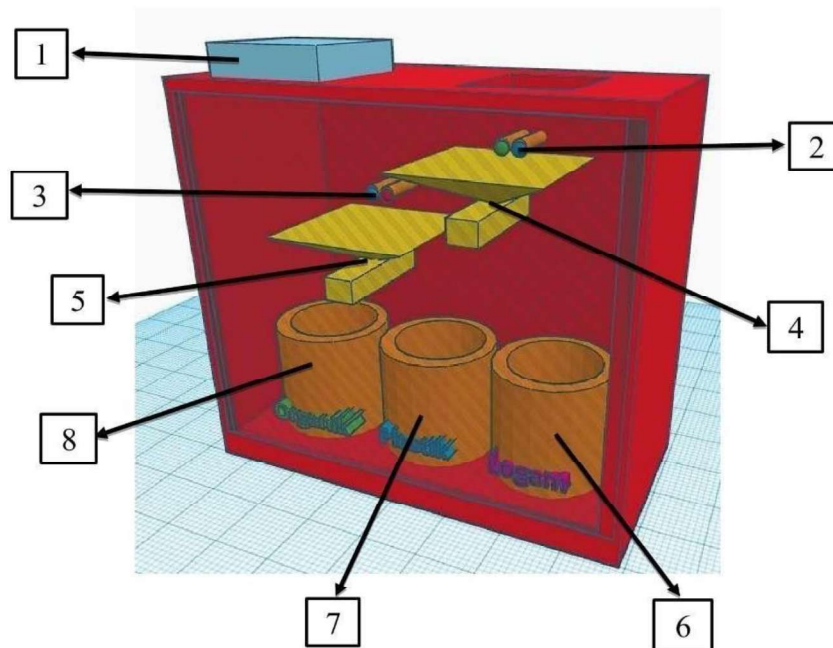
Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Dalam pembuatan sistem yang telah direncanakan, dibutuhkan program yang tepat agar sistem dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, perancangan program menjadi suatu kebutuhan yang penting. Dalam penelitian ini, perancangan program dilakukan dengan menggunakan flowchart, yang dapat dilihat pada Gambar 3.2. Tujuan dari perancangan

program ini adalah untuk memberikan panduan visual dalam pengembangan program yang sesuai dengan kebutuhan sistem.

Flowchart tersebut mengilustrasikan proses sistem mulai dari tahap penyalaan hingga tahap dimatikannya sistem. Program dimulai dengan mengaktifkan sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif. Selanjutnya dilakukan pengecekan sensor proximity induktif dan dilakukan pendeteksian jenis sampah. Apabila sensor mendeteksi sampah logam maka servo pertama akan bergerak ke posisi 180 derajat sehingga sampah akan jatuh ke tempat sampah logam. Jika yang di deteksi bukan logam maka servo bergerak ke sudut 0 sehingga sampah akan masuk ke penampung sampah sementara yang kedua untuk dideteksi. Selanjutnya dilakukan pengecekan sampah lagi oleh sensor proximity kapasitif. Jika sampah dideteksi sebagai bahan plastik maka servo kedua akan bergerak ke posisi 180 derajat sehingga sampah akan masuk ke tempat sampah plastik. Sebaliknya jika sampah organik terdeteksi maka servo akan bergerak ke derajat 0 dan sampah akan masuk ke tempat sampah organik.

B. Desain 3D



Gambar 3. 3 Ilustrasi Desain
 Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Keterangan :

1. Kotak Pengendali Sistem
2. Sensor Proximity Induktif
3. Sensor Proximity Kapasitif
4. Servo 1
5. Servo 2
6. Tempat Sampah Logam
7. Tempat Sampah Plastik
8. Tempat Sampah Organik

Gambar rancangan 3D dalam Gambar 3.3 menggambarkan tiga tempat sampah yang berbeda, yang masing-masing ditujukan untuk jenis sampah tertentu. Tempat sampah pertama digunakan untuk menyimpan sampah berbahan logam, sementara tempat sampah kedua digunakan khusus untuk sampah berbahan plastik. Tempat sampah ketiga, di sisi lain, dirancang untuk menampung sampah organik. Selain itu, dalam desain tersebut terdapat sebuah penampung sementara berbentuk prisma yang dilengkapi dengan servo berbentuk kotak di bagian bawahnya. Fungsinya adalah untuk menyimpan sementara sampah sebelum dipindahkan ke tempat sampah utama yang sesuai. Desain ini juga memasukkan beberapa sensor, termasuk sensor proximity induktif, dan sensor proximity kapasitif. Sensor-sensor ini membantu dalam mendeteksi keberadaan sampah dan mengontrol gerakan servo untuk membuka pintu tempat sampah yang sesuai dengan jenisnya. Kotak pengendali sistem ditempatkan di bagian atas badan tempat sampah pintar, sehingga memudahkan akses dan pemeliharaan sistem secara keseluruhan.

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem Tempat Sampah Pintar untuk memilah sampah sesuai jenisnya, sehingga dapat mempermudah pengelolaan sampah selanjutnya

1. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada saat penulis menjalani studi semester VII dan VIII di Politeknik Pelayaran Surabaya untuk membuat proyek dan mengambil data- data penelitian serta melakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh. Tempat penelitian sistem Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis Mikrokontroler Sesuai Standar Marpol Annex 5 di Politeknik Pelayaran Surabaya.

2. Pengujian Alat

a. Uji Statis

Pengujian dilakukan dengan cara menguji setiap bagian alat berdasarkan karakteristik Tempat Sampah Pintar dan fungsi masing-masing komponen untuk mengetahui apakah setiap bagian dari perangkat dapat bekerja maksimal sesuai dengan fungsinya dan menulis hasilnya pada diagram grafik.

b. Uji Dinamis

Pengujian untuk kerja alat dilakukan di kampus Politeknik Pelayaran Surabaya. Hal-hal yang perlu diamati adalah kerja mikrokontroler arduino uno dalam memproses dan mengolah data dari sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif, Arduino uno juga harus dipastikan dapat mengontrol servo dengan baik. Dari pengujian ini akan diketahui kinerja dari alat yang dibuat dan menulis hasilnya pada diagram grafik.

c. Evaluasi

Evaluasi pada kinerja keseluruhan alat untuk mengetahui kerja rancang bangun tersebut. Selain itu juga memastikan program yang ditanam pada mikrokontroler arduino uno berjalan dengan baik dan tidak terdapat cras.

d. Pengambilan Data

Pengambilan data berupa performa tempat sampah pintar apakah dapat memilah sampah sesuai dengan yang diinginkan dan memastikan sistem pemilahan sampah bekerja secara otomatis , dilakukan dengan mengamati hasil pemilahan sampah yang tertampung pada tempat sampahapakah sesuai dengan jenis sampahnya.