BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Manajemen sampah semakin mendesak pada abad ini, karena meningkatnya produksi limbah dan efek lingkungan yang dihasilkannya. Pemilihan yang efektif merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen sampah, terutama untuk memisahkan material logam dan non logam (Januar, 2023). Logam material seperti aluminium dan baja bisa didaur ulang untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam, namun non logam material seperti plastis dan kertas juga bisa didaur ulang untuk mengurangi limbah. Namun proses seleksi sampah materi sering tidak efisien dan terbuka untuk kesalahan. Hal ini bisa menyebabkan kontaminasi materi dan menurunkan kualitas produk daur ulang. Sehingga, Pengembangan alat pemilah otomatis yang dapat memisahkan material logam dengan non logam menjadi sangat diperlukan.

Sensor Proximity induktif adalah yang paling tepat dalam penggunaan ini karena dapat mendeteksi material logam tanpa bersentuhan dengannya. Sensor Proximity induktif bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dengan cara material logam mengubah medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh sensor. Hal ini memungkinkan untuk memiliki presisi tinggi dalam mendeteksi material logam dalam aliran limbah (Janaki, 2024).

Dengan penerapan teknologi sensor proximity induktif dalam pemilah sampah berbasis mikrokontroler, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pemilahan sampah, mengurangi kontaminasi material, dan secara keseluruhan berkontribusi pada upaya di seluruh dunia untuk mengurangi dampak lingkungan dari pengelolaan sampah.

Oleh karena itu, penerapan ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi dalam operasi, tetapi juga mematuhi tujuan pembangunan berkelanjutan melalui penggunaan sumber daya alam yang lebih sedikit dan mengurangi emisi karbon karena pemanfaatan material baru.

B. Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada latar belakang diatas maka disusun sebuah rumusan masalah yang akan dibahas yakni: Seberapa efektif sensor proximity induktif dalam memisahkan sampah logam dan non logam dengan tingkat akurasi yang tinggi?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang diperoleh dalam perancangan alat ini yaitu dengan mengembangkan alat Untuk mengetahui evaluasi kinerja sensor proximity induktif dalam memisahkan sampah logam dan non logam secara akurat.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Sampah dimasukkan satu per satu, artinya tidak dilakukan secara bersamaan antara sampah logam dan non-logam dalam satu waktu pembuangan.

2. Pengujian Data yang akan di uji adalah sampah logam dan non logam.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk membantu mempermudah proses pemilahan sampah dengan cara mengidentifikasi keberadaan material logam. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemilahan manual dalam proses pengelolaan sampah logam dan non-logam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Sampah

Berbagai lokasi saat ini menghadapi persoalan lingkungan. Permasalahan itu berkaitan dengan pencemaran, termasuk pencemaran tanah, air, udara, dan suara. Aktivitas manusia menjadi penyebab pencemaran itu. Contoh pencemaran tanah adalah akumulasi sampah di tempat pembuangan akhir. Jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat menurunkan tingkat kesehatan masyarakat (Mulyani, 2021).

Menurut SK SNI Tahun 1990, sampah merupakan limbah padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik yang dianggap tidak bermanfaat lagi dan perlu dikelola agar tidak membahayakan lingkungan serta melindungi investasi pembangunan (Subekti, 2010).

Sampah merupakan istilah umum yang sering dipakai untuk merujuk pada limbah padat. Sampah merupakan sisa-sisa bahan yang telah mengalami berbagai perlakuan, baik karena bagian utamanya telah diambil, karena proses pengolahan, atau karena sudah tidak memiliki manfaat. Dari segi sosial ekonomi, sampah tidak memiliki nilai, dan dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan terhadap lingkungan hidup (Apriyani, 2023).

Sampah merupakan bahan yang terbuang atau dibuang akibat aktivitas manusia maupun proses alam dan belum memiliki nilai ekonomi (Ndiung, 2022). Berdasarkan kamus istilah lingkungan hidup, sampah didefinisikan sebagai bahan yang tidak memiliki nilai, bahan yang dianggap tidak berharga untuk penggunaan umum, materi yang sudah tidak dapat dipakai lagi, barang cacat dalam proses manufaktur, materi yang berlebihan, atau bahan yang ditolak.

Sampah merupakan limbah yang terdiri dari material organik maupun anorganik, benda logam atau non-logam, dalam bentuk padat atau semi-padat, baik yang dapat terbakar maupun tidak. Fisik benda-benda tersebut dapat berubah bergantung pada metode pengangkutannya atau pengolahannya (Kusnayadi , 2021).

Beberapa Jenis Sampah Antara Lain:

a. Sampah Logam

Sampah logam adalah limbah yang di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. untuk memilah dan mendeteksi sampah logam, contoh sampah logam antara lain tembaga dari kabel, baut besi, kaleng minuman (Akhiruddin, 2023). Yang dimana Sampah logam merupakan limbah yang berasal dari bahan logam seperti aluminium, besi, tembaga, dan lainnya. Limbah ini dapat berasal dari berbagai sumber, baik dari industri maupun rumah tangga. Proses daur ulang sampah logam sangat penting dalam mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Langkah-langkah dalam daur ulang logam meliputi

pengumpulan, pemisahan, penggilingan, pencucian, dan pengolahan sampah logam menjadi produk baru. Dengan melakukan daur ulang logam, kita dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan memanfaatkan kembali material yang berharga. Jadi, sampah logam merupakan salah satu jenis limbah yang dapat diolah kembali menjadi produk yang bermanfaat (Aripin, 2017).



Gambar 2. 1 Sampah Logam

(Sumber: https://pxhere.com/id)

b. Sampah Non Logam

Sampah non logam adalah sampah yang bukan bersifat logam seperti plastik, kertas, daun, serta jenis sampah yang tidak menghatar listrik. Untuk itulah kami membangun tempat sampah pemilah secara otomatis. Contoh sampah non logam yaitu kertas, botol plastik dan karet (Akhiruddin, 2023). Dimana Sampah non-logam merupakan limbah yang tidak mengandung unsur logam seperti kertas, plastik, kaca, dan bahan organik. Limbah non-logam ini juga berasal dari berbagai sumber seperti

rumah tangga, industri, dan komersial. Daur ulang sampah non-logam juga sangat penting untuk mengurangi jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir dan untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Proses daur ulang sampah non-logam melibatkan pengumpulan, pemisahan, pengolahan, dan pembuatan produk baru dari material non-logam yang sudah tidak terpakai. Dengan melakukan daur ulang sampah non-logam, kita dapat membantu menjaga lingkungan dan memanfaatkan kembali material yang masih memiliki nilai. Jadi, baik sampah logam maupun non-logam, kedua jenis limbah ini penting untuk didaur ulang guna menjaga kelestarian lingkungan (Pratama, 2018).



Gambar 2. 2 Sampah Non Logam

(Sumber: https://sustaination.id)



Gambar 2. 3 Sampah Logam dan Non Logam

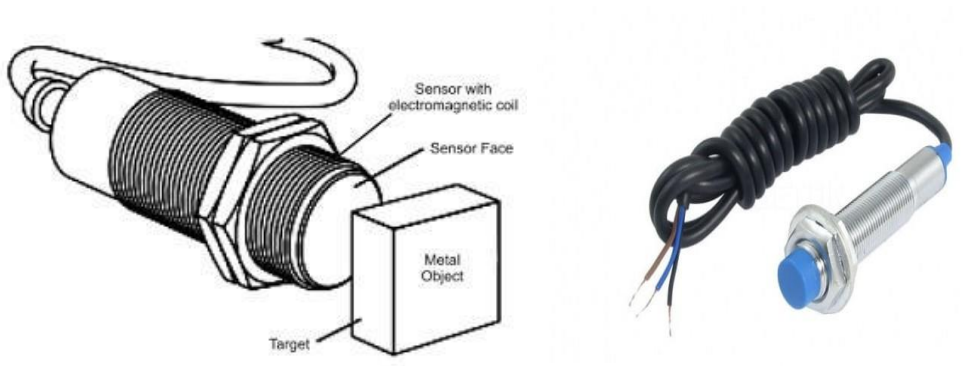
(Sumber: https://www.dml.or.id)

2. Sistem Pendeteksi Sampah

Sistem pendeteksi sampah ini menggunakan sensor proximity. Sensor proximity adalah Sensor atau saklar sebagai pendeteksi jenis benda logam tanpa adanya kontak fisik. Sensor Proximity hanya mendeteksi ada atau tidaknya keberadaan logam. Sensor ini terbungkus rapat untuk melindungi dari pengaruh getaran, cairan, kimiawi, dan korosi. Untuk mendeteksi logam menggunakan jenis sensor “proximity induktif"(Deddy Pradana, 2021). Dimana Sensor proximity induktif ini sensor jarak elektronik yang dapat mendeteksi benda logam tanpa menyentuhnya dengan jarak pendeteksian adalah 4 mm. Sensor proximity induktif memiliki empat komponen utama yaitu coil, oscillator, trigger circuit, dan an output. Oscillator adalah rangkaian tuned kapasitif induktif yang menciptakan frekuensi radio. Medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh osilator dipancarkan koil jauh dari permukaan sensor. Rangkaian memiliki feedback yang cukup untuk menjaga oscillator tetap berjalan. Ketika sebuah target

logam mengenai bidang/field, pusaran arus bersirkulasi. Ini menyebabkan beban pada sensor, mengurangi amplitudo medan elektromagnetik. Ketika target mendekati sensor, pusaran arus meningkat, meningkatkan beban pada oscillator dan semakin mengurangi medan amplitudo. Sirkuit pemicu memonitor amplitudo osilator dan pada tingkat yang telah ditentukan mengubah status output sensor dari kondisi normal (ON atau OFF). Ketika target bergerak menjauh dari sensor, amplitudo osilator meningkat. Pada tingkat yang telah ditentukan, pemicu mengubah status output sensor kembali ke kondisi normal ON atau OFF(Arifandi, 2020).

Sensor Proximity Induktif Merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi benda logam jenis ferrous maupun logam jenis non-ferrous. Tegangan analog dari sensor ini (sekitar 0 - 10 VDC) dan arus (4 – 20 mA). Prinsip kerja dari induktif proximity sensor adalah, apabila ada tegangan sumber, maka osilator yang ada pada proximity akan membangkitkan medan magnet, dengan frekuensi tinggi (Munir, 2017).



Gambar 2. 4 Sensor Proximity Induktif

(Sumber: https://blog.indobot.co.id)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor Proximity

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Sensor	Sensor proximity induktif
Jarak Deteksi	4 mm
Ukuran Sensor	Beragam, dari beberapa milimeter hingga beberapa sentimeter
Bahan Sensor	Umumnya terbuat dari logam tahan karat, plastik, atau bahan komposit.
Keluaran	NPN, PNP
Tegangan Operasi	6-36 VDC, tetapi dapat bervariasi (misalnya 12-24 VDC, 24-240 VAC).
Arus Keluaran	Umumnya 100-200 mA
Frekuensi Respon	Bergantung pada model, biasanya antara 1 kHz hingga 10 kHz.
Koneksi	Kabel atau konektor
Tahan Suhu	Biasanya dari -25°C hingga 75°C, tetapi dapat bervariasi.
Konstruksi	Konstruksi biasanya solid dan tahan korosi.
Material Elektrode	Biasanya bahan konduktif seperti nikel-plated brass atau stainless steel.

3. Sistem Penggerak Pemilah Sampah

Sistem Penggerak Pemilah Sampah ini Menggunakan Motor Servo. Motor servo adalah sebuah perangkat sebagai aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Potensiometer untuk memaksimalkan putaran pada motor servo, untuk arah putaran dan sudut dari sumbu motor servo dapat diatur menggunakan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) (Hutabarat, 2023).

Terdapat dua tipe motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Jika dibedakan berdasarkan rotasinya, terdapat dua jenis motor servo, yaitu 180º dan 360º. Dalam penelitian ini, motor servo yang digunakan adalah motor servo standar (servo 180º).

Motor servo standar (servo 180º) merupakan jenis yang paling lazim digunakan, dengan poros output yang hanya dapat berputar 90º ke kanan dan 90º ke kiri. Artinya, total putarannya cuma 180º. Karena motor ini hanya bergerak ke kanan, kembali ke tengah, dan ke kiri saja, tidak dapat mencapai satu putaran penuh (Fonna, 2020).

Motor servo bekerja dengan dikendalikan melalui sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM). Lebar pulsa sinyal yang diberikan akan mengatur posisi sudut rotasi poros motor servo. Contohnya, pulsa dengan lebar 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90º. Jika pulsa kurang dari 1,5 ms, maka akan berputar ke posisi 0º atau ke kiri (berlawanan arah jarum jam). Namun, jika pulsa yang diberikan lebih dari 1,5 ms, poros motor servo akan berputar ke posisi 180º atau ke kanan (searah jarum jam). Sewaktu lebar pulsa kendali sudah diberikan, poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang diperintahkan, berhenti di sana, dan tetap berada di posisi itu. Apabila terdapat gaya dari luar yang berupaya memutar atau mengubah posisi itu, motor servo akan berusaha menahan atau melawannya dengan kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Akan tetapi, motor servo tidak dapat mempertahankan posisinya selamanya; sinyal lebar pulsa kendali perlu diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk memastikan poros motor servo tetap pada posisinya (Alfarisi, 2020).



Gambar 2. 5 Motor Servo TD 8120mg

(Sumber: https://www.tokopedia.com)

Tabel 2. 2 Spesifikasi Motor Servo

Spesifikasi	Keterangan
Berat	60 gram
Tegangan pengoperasian	4,8V - 8,4V
Arus	210mA - 260mA
Arus terhenti	2100mA±10% - 2700mA±10%
Jenis Gear	5 gear logam
Sudut Operasi	180°
Dimensi	40,0 x 20,5 x 40,5 mm

4. Sistem Pendeteksi Kapasitas Sampah

Kapasitas Sampah dapat dideteksi dengan menggunakan sensor ultrasonik. Sensor Ultrasonik ialah sensor yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang yang biasa dipakai untuk mengetahui ada tidaknya suatu objek dengan memperkirakan jarak antara objek dan sensor. Sensor ini berfungsi untuk mengkonversi bunyi, sebagai besaran fisis, menjadi besaran listrik dan juga sebaliknya.

Frekuensi gelombang ultrasonik adalah 20.000 Hz. Suara itu tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Suara itu bisa didengar oleh hewan tertentu seperti anjing, kelelawar, dan kucing. Bunyi gelombang ultrasonik dapat bergerak melalui zat cair, padat, dan gas. Benda cair adalah media perambatan terbaik untuk sensor ultrasonik dibandingkan dengan benda padat dan gas, Oleh karena itu, sensor ultrasonik banyak digunakan pada kapal selam dan alat khusus untuk mengukur kedalaman air laut (Limantara, 2017).

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, yang memungkinkan untuk mengukur jarak suatu objek dengan menggunakan frekuensi tertentu. Gelombang ultrasonik dihasilkan oleh alat bernama piezoelektrik dengan menggunakan frekuensi tertentu. Ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut, piezoelektrik akan memproduksi gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40KHz (Maulana, 2023). Secara umum, alat tersebut akan mengarahkan gelombang ultrasonik ke suatu area atau target tertentu. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, target akan memantulkan gelombang itu kembali. Setelah itu, sensor akan menangkap gelombang pantulan yang dihasilkan dari target tersebut. Setelahnya, sensor akan menghitung perbedaan antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul yang diterima.

Berikut ini cara kerja sensor ultrasonik secara detail :

- Ultrasonik memancarkan sinyal dengan frekuensi dan durasi waktu tertentu. Frekuensi sinyal tersebut adalah lebih dari 20 kHz. Frekuensi yang biasa dipakai untuk mengukur jarak objek adalah 40 kHz.

- Sinyal yang dipancarkan akan bergerak sebagai gelombang suara dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika mengenai suatu objek, benda itu akan memantulkan sinyal tersebut.
- Setelah gelombang pantulan tiba di alat penerima, sinyal akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut.



Gambar 2. 6 Sensor Ultrasonik

(Sumber: https://www.arduinoindonesia.id)

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Ultrasonik

Spesifikasi	**Keterangan**
Input Tegangan	5V DC
Arus	15 mA
Frekuensi Kerja	40 Hz
Jarak Maksimum	4 m
Jarak Minimum	2 cm
Sudut Pengukurasn	15^{o}

5. Mikrokontroller

Mikrokontroler adalah sebuah chip kecil yang berfungsi sebagai otak dalam berbagai perangkat elektronik. Mikrokontroler dirancang untuk mengontrol dan menjalankan perangkat atau sistem tertentu dengan cara memproses data dan menjalankan perintah yang sudah diprogram sebelumnya. Mikrokontroler sering digunakan dalam banyak aplikasi, seperti perangkat rumah tangga, alat kesehatan, robotika, otomotif, dan berbagai perangkat IoT (Internet of Things).(Gunawan, I. Ketut Wahyu, et al, 2020).

Arduino Uno adalah salah satu papan mikrokontroler yang paling populer dalam platform Arduino. Arduino Uno dirancang untuk memudahkan pengguna dalam membangun proyek elektronik, baik untuk pemula maupun profesional. Papan ini sangat cocok untuk eksperimen dengan sensor, aktuator, dan berbagai komponen elektronik lainnya.

Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328P yang mengontrol seluruh operasi pada papan tersebut. Selain itu, Arduino Uno dilengkapi dengan berbagai fitur dan konektivitas untuk memudahkan pengguna dalam membuat prototipe, serta dapat diprogram menggunakan Arduino IDE (Integrated Development Environment).(Siregar, Kristina Yanti, and Hotma Pangaribuan, 2025).



Gambar 2. 7 Arduino Uno ATmega 328P

(Sumber: https://dte.telkomuniversity.ac.id)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroller	**ATmega 328P**
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input	7V – 12V
Pin I/O Digital	14 Pin
Pin Analog	6 Pin
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan Clock	16 MHz

6. Sistem Rangkaian Tampilan

Sistem Rangkaian Tampilan ini menggunakan LCD I2C 16x2. LCD (Liquid Crystal Display) merupakan jenis media tampilan yang memanfaatkan kristal cair sebagai elemen utama penampil. LCD (Liquid Crystal Display) dapat menampilkan gambar atau karakter karena terdapat banyak titik cahaya (piksel), di mana setiap titik terdiri dari satu kristal cair. Meski disebut sebagai titik cahaya, Kristal cair ini tidak

memancarkan cahaya sendiri. LCD 16x2 dapat menampilkan total 32 karakter yang terbagi dalam 2 baris, dengan masing-masing baris berisi 16 karakter. (Pangestu, Miftakhul, 2024).

LCD 16×2 umumnya menggunakan 16 pin untuk kontrolnya, dan tentunya akan sangat boros jika semua 16 pin tersebut digunakan. Oleh karena itu, dipakai driver khusus agar LCD dapat dikendalikan dengan modul I2C (Inter-Integrated Circuit). Modul I2C memungkinkan LCD 16x2 menggunakan hanya dua pin untuk mengirim data dan dua pin sebagai sumber tegangan. Oleh karena itu, hanya diperlukan empat pin yang harus dihubungkan ke Arduino Uno yaitu:

- GND : Dihubungkan ke ground
- VCC : Dihubungkan dengan 5V
- SDA : Berfungsi I2C data dan Dihubungkan ke pin A4
- SCL : Berfungsi I2C data dan Dihubungkan ke pin A5



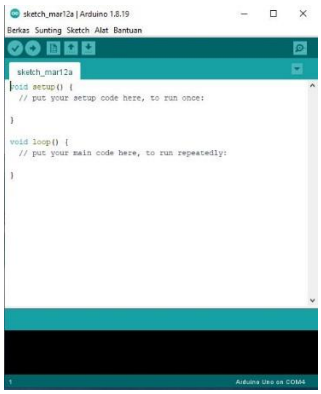
Gambar 2. 8 LCD I2C 16x2

(Sumber: https://shopee.co.id/LCD-Display-1602-With-I2C)

7. Software Arduino IDE

IDE adalah singkatan dari Integrated Development Environment, yang dalam bahasa sehari-hari berarti lingkungan terintegrasi untuk melakukan pengembangan. Dikenal dengan istilah lingkungan karena lewat software inilah Arduino diprogram untuk melaksanakan fungsi-fungsi yang disisipkan melalui sintaks pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan Arduino adalah bahasa pemrograman sendiri yang mirip dengan bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) telah dimodifikasi agar lebih mudah dipahami oleh pemula dibandingkan dengan bahasa aslinya. Sebelum dipasarkan, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootlader yang bertindak sebagai perantara antara compiler Arduino dengan mikrokontroler.

Bahasa pemrograman JAVA digunakan untuk membuat Arduino IDE. Arduino IDE juga menyertakan library C/C++ yang dikenal sebagai Wiring, yang mempermudah operasi input dan output. Software Processing dijadikan dasar pengembangan Arduino IDE, yang dimodifikasi agar sesuai untuk pemrograman dengan Arduin.(Firwansyah, Andi, and Imam Suharjo, 2024)



Gambar 2. 9 Arduino IDE

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

8. Modul Stepdown LM 2596

Rangkaian modul konverter DC/DC dengan frekuensi tetap 150 kHz dan fixed-voltage (PWM step-down) menggunakan IC Regulator LM2596 adalah Modul Regulator LM 2596. Modul ini mampu menggerakkan beban 5A dengan efisiensi tinggi, derek rendah, serta regulasi garis dan beban yang sangat baik. Regulator ini mudah digunakan, memerlukan jumlah minimum komponen eksternal dan mencakup osilator frekuensi tetap serta kompensasi frekuensi internal.

Modul regulator LM2596 dapat beroperasi dengan suplai tegangan antara 4V hingga 40V dan memiliki arus keluaran sebesar 3A. Module regulator LM2596 menggunakan IC SMD (Surface Mount Device) dan dilengkapi dengan sebuah potensio untuk mengatur tegangan masukannya dari 1,25V hingga 37V DC pada frekuensi kerja 150 kHz, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan tegangan (Sejati, Hanafi, 2019).



Gambar 2. 10 Stepdown LM 2596

(Sumber: https://www.tokopedia.com)

9. Push Button

Saklar Tombol Tekan, atau lebih dikenal dengan sebutan Push Button Switch, adalah alat sederhana yang biasanya dipakai dalam rangkaian elektronik untuk menghidupkan atau memutuskan aliran listrik saat ditekan. dalam mode kerja tekan dan buka kunci (tanpa mengunci). Saat dalam mode kerja unlocked, saklar berfungsi sebagai alat untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik ketika tombol ditekan. Ketika tombol tidak ditekan (dilepaskan), saklar akan kembali ke keadaan normal.

Push Button Switch berfungsi sebagai alat penghubung atau pemutus dengan hanya dua kondisi: On dan Off (1 dan 0). Konsep On dan Off ini sangat krusial karena hampir semua perangkat listrik yang memerlukan pasokan energi listrik memerlukan pengaturan antara On dan Off.

Push Button Switch adalah perangkat paling mendasar yang sering digunakan untuk memulai dan menghentikan operasi mesin di berbagai industri, karena cara kerjanya yang unlock dan langsung terkait dengan pengguna. Meski seberapa canggihnya suatu mesin, sistem kerjanya tidak akan dapat berfungsi tanpa adanya saklar seperti Push Button Switch atau perangkat sejenis yang mengatur kondisi On dan Off (Siburian, Ringgas, 2024)



Gambar 2. 11 Push Button

(Sumber: https://www.tokopedia.com)

10. Adaptor

Adaptor merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan AC ke DC dengan tegangan lebih rendah. Adaptor adalah alternatif pengganti untuk sumber tegangan DC (seperti baterai, aki) karena penggunaan tegangan AC lebih tahan lama dan dapat digunakan oleh siapa saja asalkan ada aliran listrik di lokasi tersebut. Adaptor juga sering digunakan dalam alat sebagai sumber daya, seperti amplifier, radio, pesawat televisi mini, dan perangkat elektronik lainnya. Adaptor adalah perangkat

elektronik yang mudah dibuat karena banyak komponennya tersedia di pasaran. Pencatu Daya merupakan alat elektronik yang berfungsi sebagai sumber daya untuk perangkat lain, khususnya daya listrik. Sebetulnya, pencatu daya bukan hanya alat yang memproduksi energi listrik, tetapi juga ada beberapa pencatu daya yang menghasilkan energi mekanik dan jenis energi lainny. Adaptor adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC (arus bolak-balik) yang tinggi menjadi tegangan DC (arus searah) yang lebih rendah. Adaptor adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC (arus bolak-balik) yang tinggi menjadi tegangan DC (arus searah) yang lebih rendah. Seperti yang kita ketahui, arus listrik yang digunakan di rumah, kantor, dan lain-lain berasal dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan didistribusikan dalam bentuk arus bolak-balik (AC). Namun, sebagian besar peralatan elektronik yang kita gunakan memerlukan arus DC dengan tegangan lebih rendah untuk beroperasi. Dengan demikian, diperlukan sebuah perangkat atau rangkaian elektronik yang dapat mengubah arus dari AC menjadi DC dan menyediakan tegangan dengan nilai tertentu sesuaiyang diperlukan. Istilah yang digunakan untuk menyebut rangkaian yang berfungsi mengubah arus AC menjadi DC adalah DC Power supply atau adaptor. Adaptor ini ada yang dipasang atau dirakit langsung pada peralatan elektroniknya, sementara ada juga yang dirakit secara terpisah. Adaptor yang dirakit secara terpisah umumnya bersifat universal dan memiliki tegangan output yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan, seperti 3 Volt, 4,5 Volt, 6 Volt, 9 Volt, 12 Volt, dan seterusnya. Namun, ada juga adaptor yang hanya menyediakan tegangan tertentu

dan ditujukan untuk rangkaian elektronik tertentu, seperti adaptor laptop dan adaptor monitor Ardiansyah, Suhir, 2024).



Gambar 2. 12 Adaptor

(Sumber: https://shopee.co.id/Adaptor)

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

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

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Dhika Aditya Rumansyah, Safrina Amini, Sri Mulyati, Purwanto, 2022) dengan judul "Rancangan Alat Pemilah Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, Microcontroller Nodemcu, dan Sensor Proximity" penelitian ini menggunakan Nodemcu sebagai mikrokontroller atau kendali dan penerapan sensor proximity ini menggunakan sensor induktif dan sensor kapasitif yang di sematkan ke dalam Nodemcu. Dan Sensor Ultrasonik Sebagai pendeteksi keberadaan sampah dimana jika terdeteksi

ada objek sampah maka tempat sampah akan terbuka otomatis. Dari hasil pengujian rangkaian menggunakan aplikasi pada smarfphone yang berfungsi sebagai pengontrol tempat sampah yakni membuka dan menutup tempat sampah.

2. Penelitian ini dilakukan oleh (Angga Fernanda Agustya, Akhmad Fahruzi, 2020) dengan judul "Rancang Bangun Alat Otomatis Pemilah Sampah Logam, Organik Dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity Induksi Dan Sensor Proximity Kapasitif" penelitian ini menggunakan mikrokontroller ATmega 32 sebagai kendali. Dari hasil pengujian rangkaian menggunakan mekanik konveyor pada alat pemilah, rangkaian ini menguji tiga(3) macam sampah yakni sampah logam, sampah organik, dan sampah non organik.

3. Penelitian ini dilakukan oleh (Oktami Puadi, Hambali, 2022) dengan judul "Perancangan Alat Pemilah Sampah Otomatis" penelitian ini menggunakan mikrokontroller ATmega 2560 sebagai kendali dan penerapan sensor ini menggunakan Sensor Proximity dan Sensor Soil Moisture. Dari hasil pengujian rangkaian ini menguji tiga (3) jenis sampah yang dipisahkan yakni sampah logam, sampah basah, dan sampah kering. Sensor Proximity ini mendeksi jenis sampah logam dan pada pada Sensor Soil Moisture ini mendeteksi sampah basah dan sampah kering.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Research and Development. Penelitian dilakukan melalui perancangan sistem kendali pada tempat sampah untuk melakukan pemilahan sampah logam dan sampah non logam. Pengamatan dilakukan pada tingkat akurasi dan efektivitas sensor proximity induktif dalam membaca jenis sampah logam dan non logam. Pengembangan yang dilakukan berupa inovasi tempat sampah otomatis dalam melakukan pemilahan sampah logam dan non logam.

B. Lokasi dan Waktu

1. Lokasi

Lokasi pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Waktu

Untuk waktu penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Uraian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur						
2	Perancangan Perangkat Keras						
3	Perancangan Perangkat Lunak						
4	Perancangan Mekanik						
5	Realisasi Sistem Mekanik						
6	Realisasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak						
7	Pengujian Tahap Awal (Komponen)						
8	Integrasi Rangkaian ke Mekanik						
9	Pengujian Tahap Kedua (Blok Diagram)						
10	Pengujian Sistem secara Keseluruhan						
11	Analisis dan Evaluasi						
12	Penyusunan Laporan						

C. Alat dan Bahan

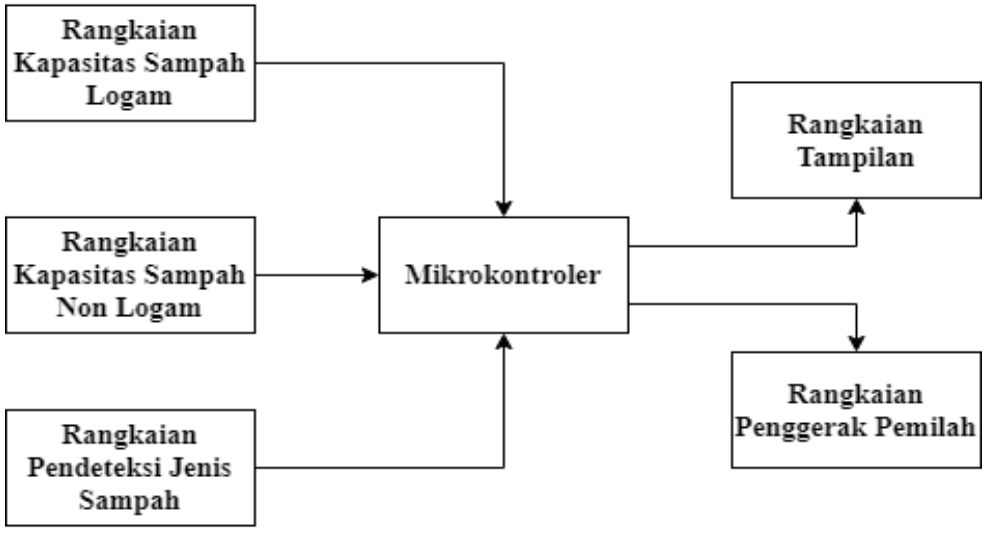
Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat dapat dilihat berikut ini:

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan

No	**Uraian**	**Jumlah**
1	Arduino Uno	1
2	Lcd I2C 16x2	1
3	Sensor Proximity Induktif	1
4	Sensor Ultrasonik	2
5	Motor Servo	1
6	Modul Step Up Down	1
7	Push Button	1
8	Adaptor 12V 3A	1
9	Resistor 1K	1
10	Sampah Logam	
11	Sampah Non Logam	

D. Rancangan Sistem

Rancangan sistem pada penelitian ini disajikan dalam bentuk blok diagram yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

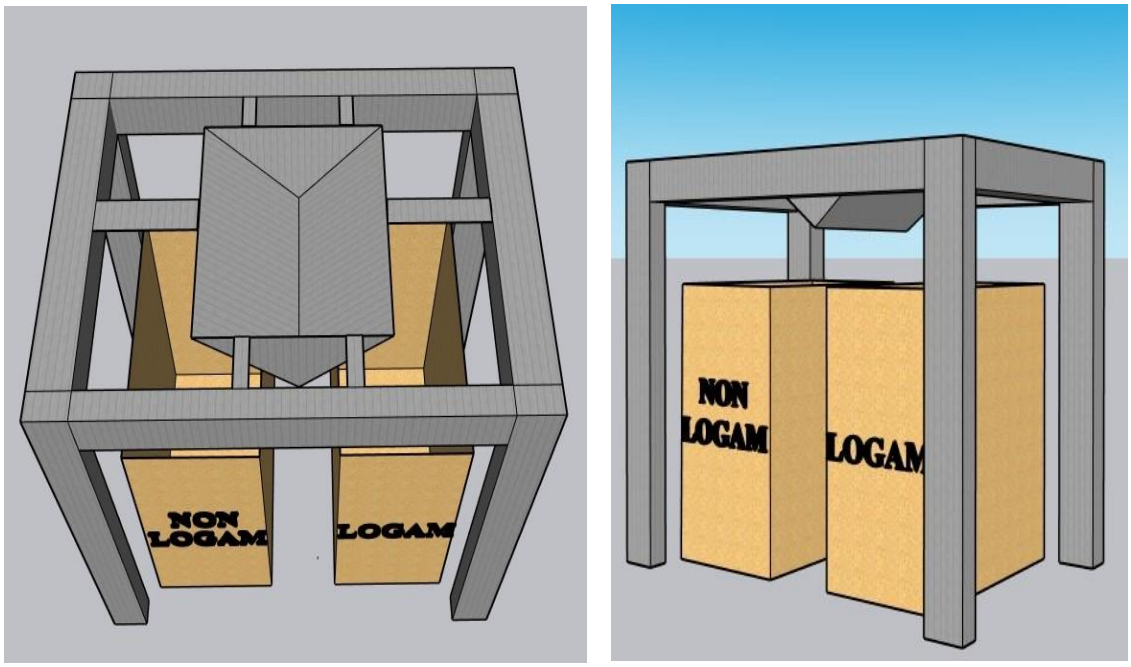


Gambar 3. 1 Blok diagram rancangan penelitian

Pada gambar di atas merupakan blok diagram Implementasi Sensor Proximity Induktif Pada Alat Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Berbasis Mikrokontroller. Adapun komponen penyusun terdiri dari:

1. Rangkaian kapasitas sampah logam ini menggunakan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian sampah didalam tempat penampungan untuk mengetahui kapasitas sampah logam.
2. Rangkaian kapasitas sampah non logam ini sama menggunakan sensor ultrasonic yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian sampah didalam tempat penampungan untuk mengetahui kapasitas sampah non logam.

3. Rangkaian Pendeteksi Jenis Sampah ini menggunakan sensor proximity induktif yang berfungsi untuk membedakan antara sampah logam dan non logam.
4. Mikrokontroler ini Arduino uno yang berfungsi sebagai kontroler dan pengendali alat secara keseluruhan.
5. Rangkaian tampilan ini menggunakan LCD display yang berfungsi menampilkan kapasitas sampah logam dan non logam dan menampilkan jenis sampah logam atau non logam.
6. Rangkaian penggerak pemilah atau pemisah ini menggunakan motor servo yang berfungsi sebagai pemilah atau pemisah sampah logam dan non logam.



Gambar 3. 2 Desain Rancangan Sistem

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Validasi dan Kalibrasi Sensor

Tahapan ini dilakukan untuk mempelajari Validasi dan kalibrasi sensor untuk proses memastikan bahwa sensor memenuhi spesifikasi yang diperlukan dan berfungsi dengan benar dalam kondisi yang diinginkan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan hasil data yang akurat dan konsisten.

2. Pengujian Blok Sistem

Pengujian setiap blok dilakukan untuk mempermudah analisis sistem. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

a. Pengujian Sistem Pendeteksi Jenis Sampah
b. Pengujian Sistem Kapasitas Sampah
c. Pengujian Sistem Penggerak Pemilah Sampah

3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Tahapan ini dilakukan untuk menguji sistem secara keseluruhan setelah semua sub - blok diagram telah terintegrasi. Pengujian sistem keseluruhan memverifikasi bahwa perancangan ini menjalankan tugas sesuai rancangan. Pengujian sistem dapat memeriksa bahwa setiap jenis masukan menghasilkan keluaran yang diinginkan di seluruh rancangan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

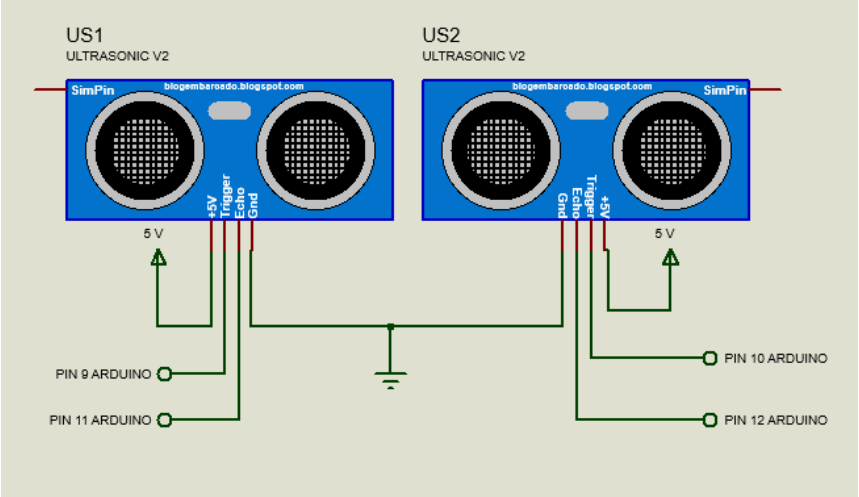
A. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan sistem perangkat keras, dilakukan analisis terhadap kebutuhan teknis dan fungsional yang diperlukan untuk memastikan perangkat keras yang dikem bangkan dapat mendukung kinerja sistem secara optimal, dengan mempertimbangkan aspek efisiensi, keandalan, serta kemampuan untuk beradaptasi dengan perangkat lunak yang ada. Rancangan ini menjelaskan tentang sistem rangkaian yang di buat sistem per bagian dari sistem rangkaian keseluruhan dan rangkaian secara keseluruhan.

1. Rangkaian Pendeteksi Kapasitas Sampah

Rangkaian pendeteksi kapasitas sampah menggunakan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan sampah yang berada di dalam tempat sampah. Sensor tersebut beroperasi aktif mengirim gelombang dan mengukur waktu yang diperlukan gelombang tersebut untuk kembali, lalu diolah untuk mengembangkan tingkat ketinggian atau penuh sampah di wadah. Data yang dikeluarkan oleh sensor ultrasonik ini disampaikan ke mikrokontroler, yang selanjutnya memproses data untuk mengetahui berapa banyak sampah yang telah terkumpul. Hasil pengukuran kapasitas sampah akan dipaparkan pada sistem tampilan, memberikan informasi apakah wadah sampah sudah penuh. Sistem ini memastikan

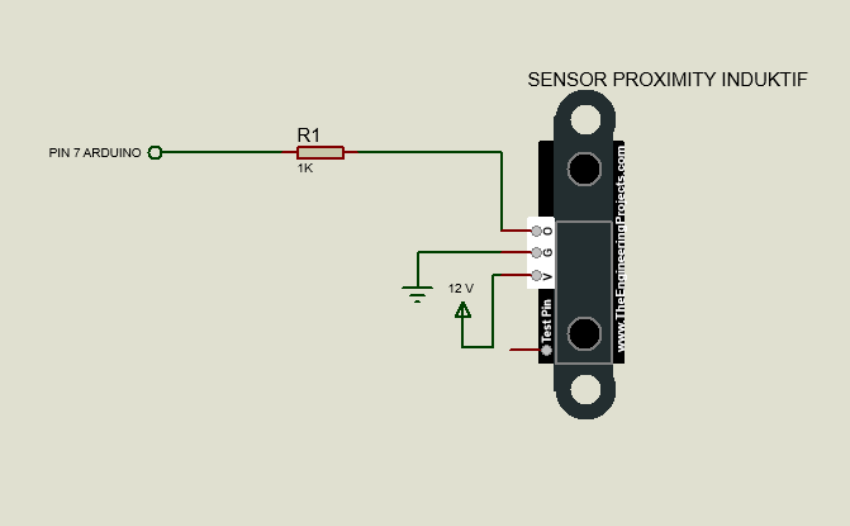
bahwa proses pemilahan sampah dapat berjalan dengan efisien dan memberi peringatan ketika kapasitas wadah sudah mencapai batas minimum dari sensor.



Gambar 4. 1 Rangkaian Pendeteksi Kapasitas Sampah

2. Rangkaian Sistem Pendeteksi Jenis Sampah

Jenis sampah yang terdiri dari bahan logam dan non-logam diidentifikasi dalam sistem ini menggunakan sensor proximity induktif. Saat bahan logam berada di dekat sensor, sensor ini mendeteksi perubahan medan magnet yang dihasilkannya; bahan non-logam tidak menyebabkan reaksi yang sama. Agar sistem dapat menentukan jenis sampah yang ada, data yang diperoleh sensor ini kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses. Untuk memisahkan sampah logam dan sampah non-logam secara otomatis, mikroprosesor menggunakan data ini untuk mengirim sinyal ke motor servo.



Gambar 4. 2 Rangkaian Pendeteksi Jenis Sampah

3. Rangkaian Tampilan

Pada sistem alat pemilah sampah ini, digunakan LCD 16x2 yang dilengkapi dengan modul I2C sebagai perangkat tampilan untuk menyampaikan informasi secara real-time kepada pengguna. Penggunaan modul I2C pada LCD bertujuan untuk menyederhanakan koneksi antara LCD dan mikrokontroler dengan hanya menggunakan dua pin komunikasi, yaitu:

- SDA (Serial Data) – terhubung ke pin A4 pada Arduino Uno.
- SCL (Serial Clock) – terhubung ke pin A5 pada Arduino Uno.

Selain itu, LCD juga membutuhkan tegangan 5V (VCC) dan ground (GND) untuk daya.

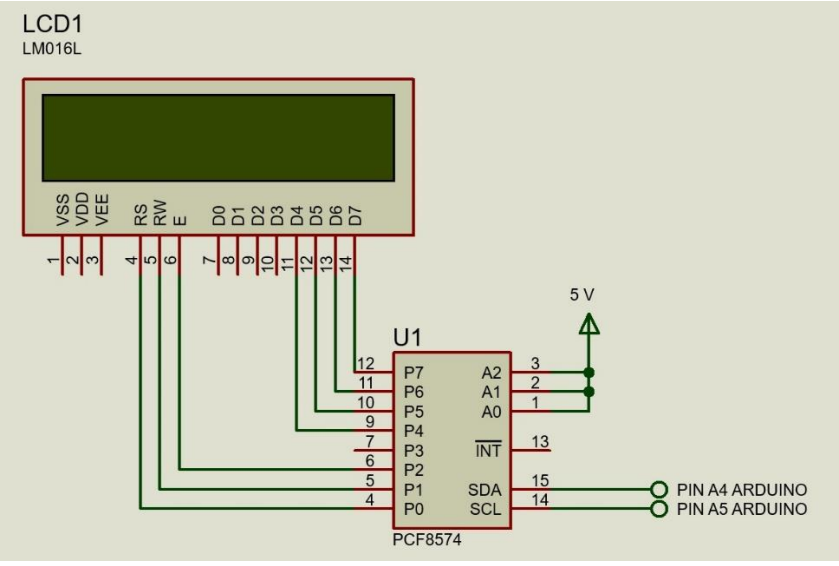
Modul I2C menggunakan alamat default 0x27 untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Dalam pemrogramannya, digunakan pustaka LiquidCrystal_I2C.h,

yang mempermudah proses pengaturan tampilan seperti inisialisasi, penulisan teks, dan pengaturan kursor.

LCD ini menampilkan berbagai informasi penting selama proses kerja alat, antara lain:

- Status awal sistem (“Menunggu Sampah Masuk”).
- Jenis sampah yang terdeteksi (“Sampah Logam” atau “Sampah Non-Logam”).
- Informasi kapasitas tempat sampah (“Tempat Sampah Penuh”).

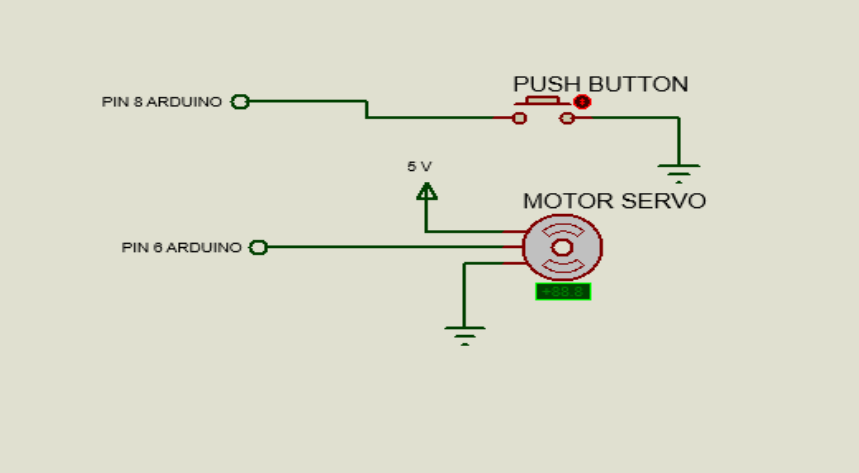
Seluruh data yang ditampilkan pada LCD diperoleh dari hasil pembacaan sensor proximity dan sensor ultrasonik, serta instruksi dari mikrokontroler yang mengatur alur kerja sistem secara keseluruhan.Dengan adanya tampilan LCD, alat ini menjadi lebih interaktif dan mudah digunakan, karena pengguna dapat langsung melihat status alat dan hasil klasifikasi sampah secara instan.



Gambar 4. 3 Rangkaian Tampilan

4. Rangkaian Penggerak Pemilah Sampah

Sistem penggerak pemisah sampah bekerja menggunakan motor servo yang diprogram oleh mikrokontroler untuk memilah sampah logam non-ferrous dan ferrous. Sistem ini diberdayakan oleh tombol tekan yang berfungsi sebagai pemicu untuk menyalakan motor servo. Saat tombol tekan ditekan, mikrokontroler akan menerima sinyal untuk menyalakan motor servo dan selanjutnya akan bergerak sesuai dengan informasi yang diberikan oleh sensor proximity induktif tentang jenis sampah. Motor servo akan menggerakkan mekanisme pemilah untuk mengarahkan sampah logam ke tempat sampah logam, dan sampah non-logam ke tempat sampah non-logam secara otomatis. Melalui ini, tombol tekan memegang peranan penting dalam memulai proses pemisahan sampah berdasarkan keluaran deteksi sensor.

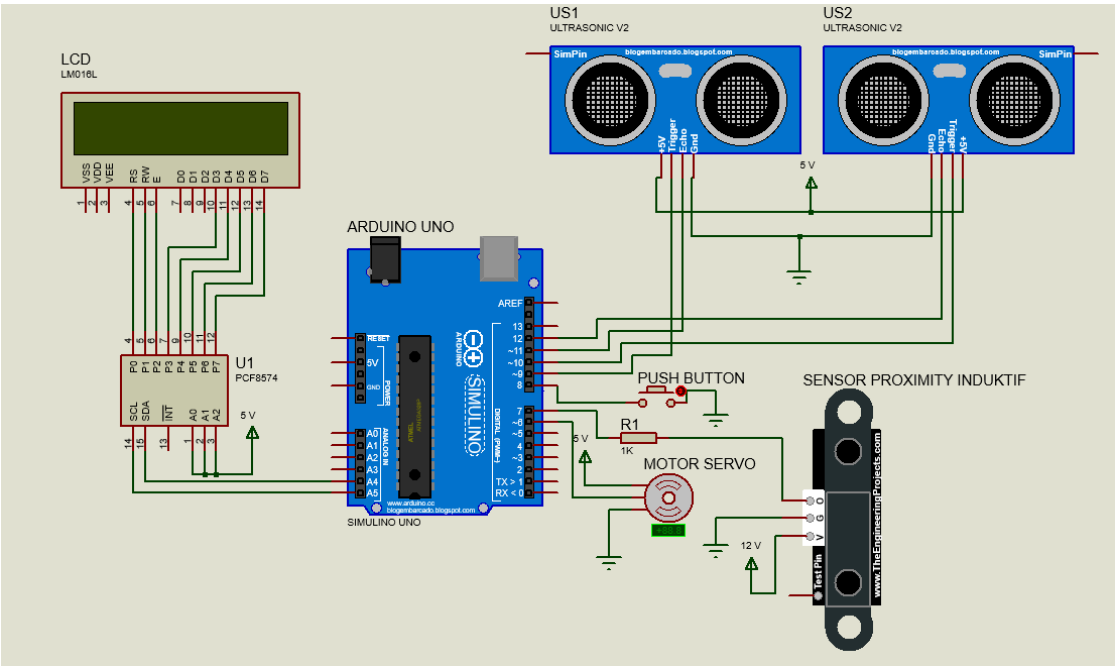


Gambar 4. 4 Rangkaian Penggerak Pemilah Sampah

5. Rangkaian Sistem Keseluruhan

Dalam perancangan sistem sensor proximity indutif untuk pemisah sampah logam dan non logam secara keseluruhan, dilakukan integrasi sensor induktif untuk

mendeteksi sampah non-logam dan logam, dan mikrokontroler yang berfungsi untuk memproses data sensor dan motor servo yang berfungsi untuk memisahkan sampah secara otomatis melalui mekanisme. Push button juga berfungsi untuk menghidupkan motor servo, yang kemudian akan bergerak sendiri untuk memisahkan sampah logam dan non-logam. Ketika tombol tekan ditekan, motor servo akan bergerak untuk memisahkan sampah logam dan non-logam berdasarkan sinyal yang diberikan oleh sensor proximity induktif. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak dan mendeteksi sampah logam dan non-logam yang mungkin penuh atau tidak. dan mengirimkan informasi tersebut ke mikrokontroler yang selanjutnya dibaca di sirkuit sistem tampilan.



Gambar 4. 5 Rangkaian Sistem Keseluruhan





Gambar 4. 6 Rancangan Alat

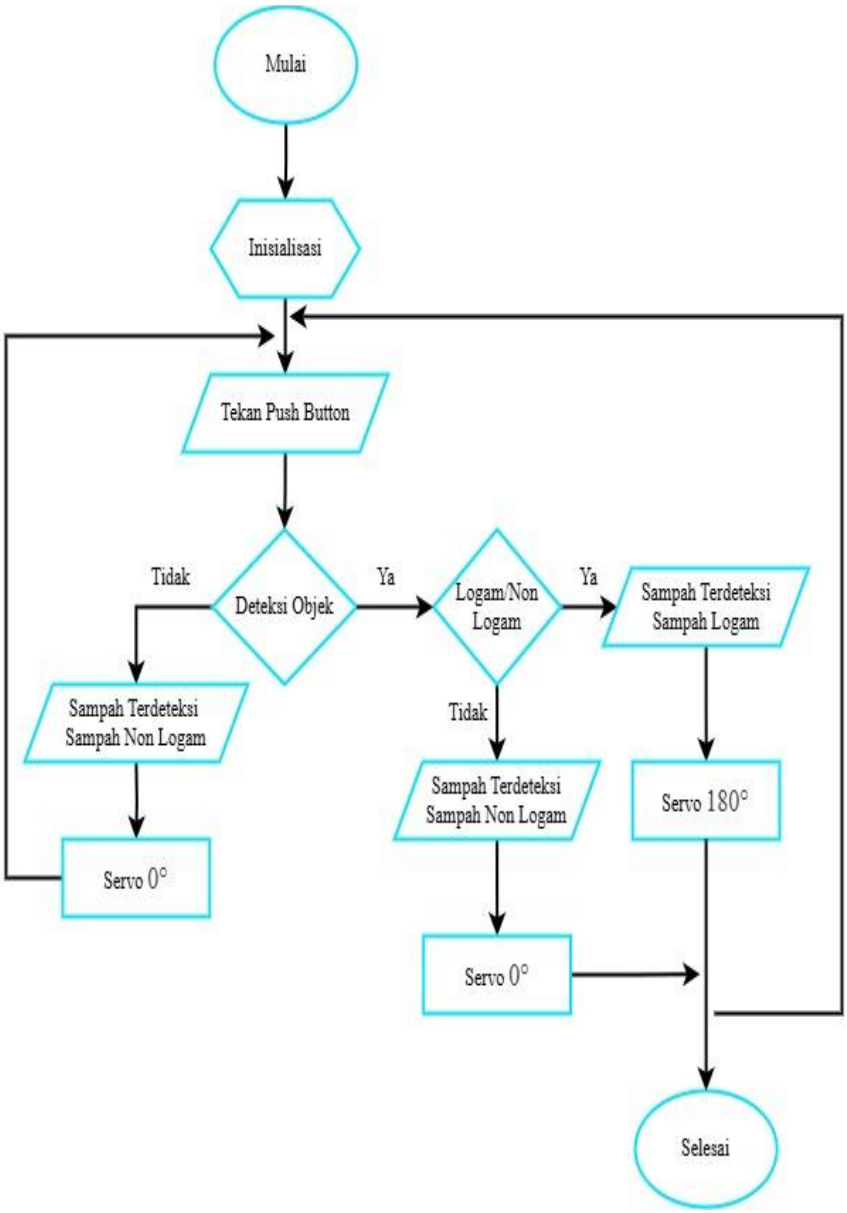
B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak untuk sistem pemilah sampah berbasis mikrokontroler menggunakan software Arduino IDE bertujuan untuk mengontrol perangkat keras, seperti sensor proximity induktif, sensor ultrasonik, motor servo, push button, dan LCD I2C melalui instruksi dalam program yang disimpan pada mikrokontroller. Barisan kode program yang dihasilkan akan di tanamkan *(upload)* pada perangkat Arduino.

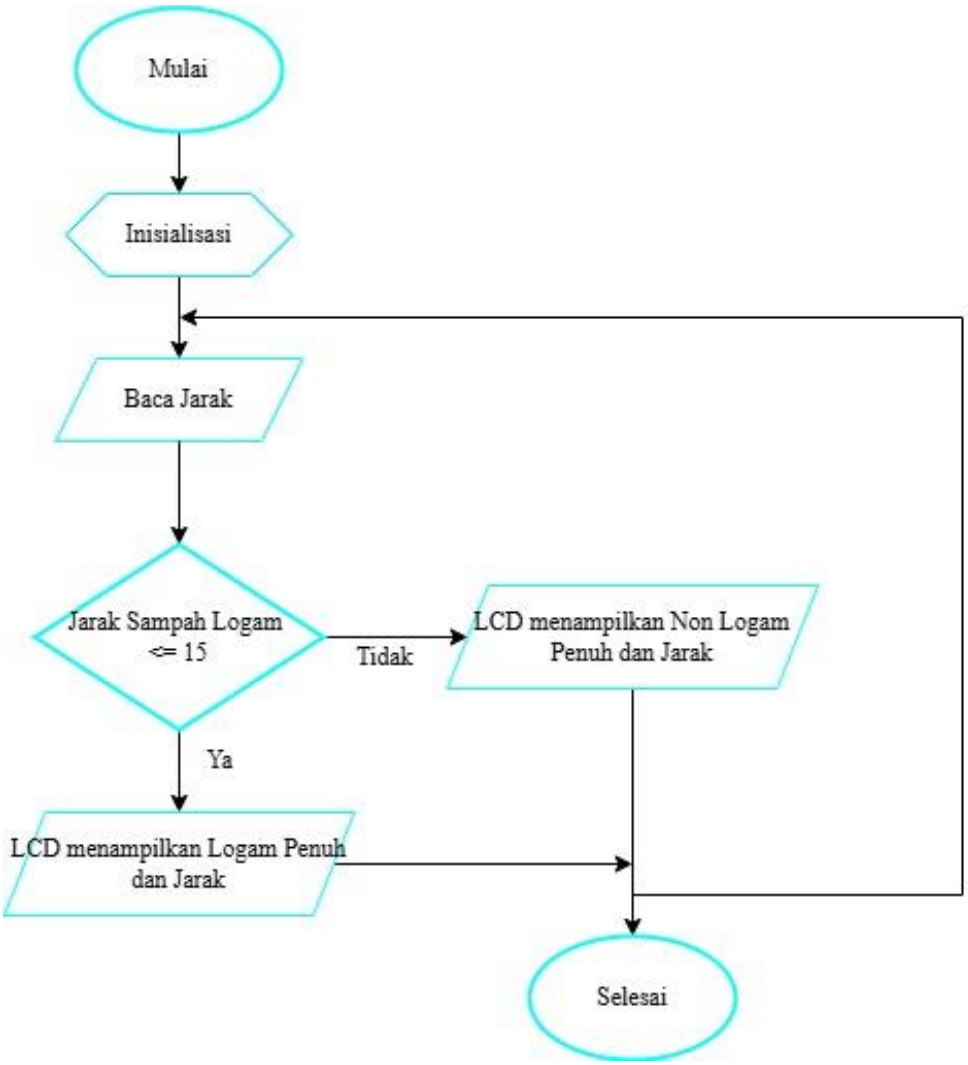
1. Flowchart

Flowchart adalah grafik yang digunakan untuk menggambarkan alur kerja atau proses dalam bentuk simbol-simbol grafis untuk menunjukkan Langkah-langkah aliran kontrol yang berperan dalam proses. Flowchart memudahkan penerimaan pengertian

suatu sistem dalam cara yang lebih visual dan terstruktur. Diagram alir sistem kerja di tunjukkan pada gambar 4.7 dan gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Flowchart Pemilah Sampah



Gambar 4. 8 Flowchart Monitoring Kapasitas Sampah

Di atas adalah flowchart alur kerja sistem deteksi dan pemisahan sampah berdasarkan jenisnya (logam dan non-logam). Proses diawali dengan kondisi menunggu sampah masuk. Jika sudah masuk sampah, pengguna menekan tombol push button untuk mengaktifkan proses deteksi jenis sampah. Sistem akan mendeteksi apakah sampah yang masuk sampah logam atau non-logam.

Jika sampah yang terdeteksi adalah logam, maka sistem menampilkan status sampah sebagai logam, kemudian menggerakkan servo ke posisi 180° untuk memasukkan sampah ke dalam tempat sampah logam. Setelah itu, sistem mengecek kapasitas tempat sampah logam. Jika tempat sampah penuh dan jarak minimal 15 cm, maka sistem menampilkan status tempat sampah logam penuh dan memberikan peringatan.

Jika sampah yang terdeteksi adalah non-logam, sistem menampilkan status sampah sebagai non-logam dan menggerakkan servo ke posisi 0° untuk memasukkan sampah ke dalam tempat sampah non-logam. Selanjutnya, sistem mengecek kapasitas tempat sampah non-logam. Jika tempat sampah penuh dan jarak minimal 15 cm, maka sistem menampilkan status tempat sampah non-logam penuh dan memberikan peringatan.

Setelah pemrosesan sampah selesai, sistem kembali ke kondisi menunggu sampah berikutnya. Proses ini berulang hingga sistem selesai beroperasi.

2. Uraian Program

Adapun sketch program yang di gunakan untuk menjalankan fungsi dari sistem yang dibuat sesuai dengan *flowchart* yaitu:

a. Inisialisasi objek dan menentukan *library* yang akan dipakai.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>

// Definisi pin sensor, button, dan servo
#define BUTTON_PIN 8
#define PROXIMITY_PIN 7
#define SERVO_PIN 6
```

```
// Definisi pin sensor ultrasonik
#define TRIG_PIN_METAL 9
#define ECHO_PIN_METAL 11
#define TRIG_PIN_NON_METAL 10
#define ECHO_PIN_NON_METAL 12

// Objek servo dan LCD
Servo servoMotor;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Variabel status
bool statusSampah = false;
bool lastButtonState = LOW;
int minDistance = 15;
bool tempatSampahPenuh = false;

// Deklarasi Fungsi
void cekTempatSampah();
bool bacaPushButton();
void deteksiSampah();

void setup() {
// Konfigurasi pin
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(PROXIMITY_PIN, INPUT);
pinMode(TRIG_PIN_METAL, OUTPUT);
pinMode(ECHO_PIN_METAL, INPUT);
pinMode(TRIG_PIN_NON_METAL, OUTPUT);
pinMode(ECHO_PIN_NON_METAL, INPUT);

// Inisialisasi servo dan LCD
servoMotor.attach(SERVO_PIN);
servoMotor.write(90);
lcd.init(16, 2);
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Menunggu sampah...");
Serial.begin(9600);
}
```

Tiga library yang digunakan oleh program ini adalah servo.h untuk mengendalikan gerakan motor servo, LiquidCrystal_I2C.h untuk mengendalikan lcd, dan wire.h untuk koneksi I2C. Sejumlah pin diinisialisasi dengan fungsi tertentu, termasuk SERVO_PIN (6) untuk mengendalikan gerakan servo, PROXIMITY_PIN (7) untuk mendeteksi keberadaan objek, dan BUTTON_PIN (8) untuk membaca input

dari tombol. Untuk mendeteksi kapasitas sampah dua pasang pin yang di gunakan sensor ultrasonik: TRIG_PIN_METAL (9) dan ECHO_PIN_METAL (11) untuk mendeteksi kapasitas sampah logam, dan TRIG_PIN_NON_METAL (10) dan ECHO_PIN_NON_METAL (12) untuk mendeteksi kapasitas sampah non-logam.

Objek servoMotor telah diinisialisasi untuk mengendalikan motor servo yang menggerakkan pemilah tempat sampah berdasarkan jenis sampah yang terdeteksi. Sedangkan LiquidCrystal_I2C telah diinisialisasi dengan objek lcd (0x27,16,2) yang memiliki alamat 0x27 dan ukuran 16 karakter x 2 baris.

Beberapa variabel status juga telah dideklarasikan seperti statussampah untuk memeriksa apakah ada sampah yang sedang diproses, dan tempatSampahPenuh untuk memeriksa apakah kapasitas tempat sampah sudah penuh, lastButtonState untuk menyimpan status tombol sebelumnya. Ada pula minDistance yang memiliki nilai 15cm, yang merupakan batas jarak minimum untuk deteksi kapasitas sampah terhadap sensor ultrasonik.

Bagian dari mendeklarasikan fungsi dalam program ini bertujuan untuk mendefinisikan tiga fungsi utama yang memiliki peran spesifik dalam operasi sistem. Fungsi pertama, cekTempatSampah(), bertanggung jawab untuk memantau tingkat tempat sampah menggunakan sensor ultrasonik. Fungsi ini akan memutuskan apakah tempat sampah penuh atau tidak dengan memeriksa jarak objek terdekat yang terdeteksi. Setiap kali tempat sampah sudah penuh, sistem akan menghentikan proses penerimaan sampah lebih lanjut untuk sementara waktu.

Kemudian, bacaPushButton() adalah fungsi yang memiliki peran untuk memeriksa status tombol pada BUTTON_PIN. Fungsi ini mengembalikan true jika tombol ditekan dan false jika sebaliknya. Dengan cara ini, sampah hanya dapat diproses ketika ada interaksi pengguna, sehingga menghindari pemicu yang salah.

Terakhir, deteksiSampah() adalah fungsi yang bertanggung jawab untuk menentukan apakah sampah yang masuk bersifat logam atau non-logam dengan mengetahui jenis sampah menggunakan sensor proximity. Setelah deteksi, motor servo akan diposisikan pada sudut yang telah ditentukan sehingga sampah yang ada dapat dipilah dengan sesuai.

Fungsi setup() dari program digunakan untuk pengaturan pin, melakukan inisialisasi perangkat keras, serta menampilkan pesan awal di LCD. Pada awalnya, pin BUTTON_PIN dikonfigurasi sebagai INPUT_PULLUP untuk mendeteksi tombol masukan, yaitu tidak lagi menggunakan jalur pembawa terlebih dahulu sehingga tidak perlu diinisialisasi sama sekali, namun dua pin lainnya dibuat sebagai INPUT lagi tanpa melakukan inisialisasi. Pada tahap ini, sensor ultrasonik diprogram dengan pin TRIG_PIN_METAL dan TRIG_PIN_NON_METAL yang ditetapkan sebagai OUTPUT, sementara ECHO_PIN_METAL dan ECHO_PIN_NON_METAL ditetapkan sebagai ECHO_INPUT untuk merekam pantulan gelombang ultrasonik.

Selanjutnya, pengaturan pin diselesaikan dengan memanggil fungsi servoMotor.attach(SERVO_PIN) untuk menyiapkan servo agar siap digunakan, dan motor diposisikan pada sudut yaitu 90 derajat menggunakan perintah servoMotor.write(90) yang merupakan posisi awal. Kemudian LCD diinisialisasi

dengan lcd.begin(16, 2), menyatakan bahwa LCD memiliki 16 kolom dan 2 baris, dan lcd.backlight() untuk mengaktifkan lampu latar LCD. Kemudian kursor LCD diset pada (0,0) menggunakan lcd.setCursor(0, 0), dan muncul pesan pertama “Menunggu sampah.” sebagai pesan awal. Komunikasi serial terakhir diaktifkan dengan proses Serial.begin(9600), yang memungkinkan pengirim dan penerima data melalui serial monitor dengan baud rate 9600 bps.

b. Fungsi Loop

```
void loop() {
    // Cek kapasitas sampah
    cekTempatSampah();

    // Jika penuh, jangan lanjut
    if (tempatSampahPenuh) return;

    // Jika tombol ditekan, cek jenis sampah
    if (bacaPushButton()) {
        deteksiSampah();
    }

    delay(50);
}
```

Pada bagian ini dari loop(), program menjalankan siklus untuk memastikan bahwa sistem terus-menerus memeriksa kondisi tempat sampah. Pertama, fungsi cekTempatSampah() dipanggil untuk memeriksa kapasitas tempat sampah melalui sensor ultrasonik. Jika jarak objek yang terdeteksi kurang dari atau sama dengan 15 cm (yang sesuai dengan minDistance), tempat sampah akan ditentukan sebagai penuh, yang berarti variabel tempatSampahPenuh akan disetel ke true dan proses berikutnya akan dihentikan sementara sampai tempat sampah dikosongkan.

Kemudian, ketika tempat sampah tidak penuh, berikutnya adalah jika tombol tekan telah diaktifkan, yang dilakukan melalui fungsi bacaPushButton(). Jika sebuah tombol terdeteksi ditekan, maka fungsi deteksiSampah() untuk mendeteksi jenis sampah yang masuk apakah itu logam atau non-logam. Berdasarkan deteksi, sudut tertentu akan disetel pada motor servo untuk berputar dan memisahkan sampah sesuai dengan deteksi jenis.

Setelah ini dilakukan, sistem akan berhenti sejenak dan menyetel delay selama 50 milidetik menggunakan delay(50) yang membantu menghilangkan noise dan menstabilkan bacaan sensor. Selama prosedur ini, sistem harus bisa secara bersamaan mendeteksi, mengklasifikasikan, dan memisahkan sampah sambil memantau tempat sampah, yang akan terjadi secara berulang sepanjang durasi program serta sekaligus memantau seberapa penuh tempat sampah tersebut.

c. Fungsi Push Button

```
bool lastButtonState = LOW;

bool bacaPushButton() {
     bool buttonState = digitalRead(BUTTON_PIN);

// Deteksi perubahan status tombol
if (buttonState == LOW && lastButtonState == HIGH &&
!statusSampah) {
      statusSampah = true;
      delay(100);
      return true;
      }

     lastButtonState = buttonState;
     return false;
}
```

Bagian kode ini menjelaskan fungsi readPushButton(), yang membaca dan mendeteksi perubahan status tombol di BUTTON_PIN. lastButtonState adalah variabel yang menyimpan status tombol di iterasi terakhir.

Dalam fungsi ini, buttonState menangkap status tombol saat ini menggunakan digitalRead(BUTTON_PIN). Logika berikutnya memeriksa perubahan dari HIGH ke LOW, yang berarti tombol ditekan dan ada pemeriksaan tambahan dengan variabel statusSampah yang memastikan tombol hanya diproses saat sistem tidak dalam status mendeteksi sampah.

Ketika kondisi ini terpenuhi, statusSampah diatur menjadi true, berarti deteksi sampah sedang dilakukan. Fungsi ini kemudian memberikan jeda singkat selama 100 ms untuk mencegah pembacaan ganda yang tidak diinginkan, kemudian mengembalikan true untuk menunjukkan bahwa tombol telah ditekan.

Di sisi lain, jika tidak ada perubahan status tombol atau sistem saat ini mendeteksi sampah, fungsi akan mengembalikan false. lastButtonState diperbarui di setiap iterasi untuk mengubah status tombol di siklus berikutnya. Dengan ini, readPushButton() memastikan respons tombol hanya sekali per tekanan, menghilangkan pembacaan yang berlebihan.

d. Fungsi Deteksi Sampah

```
void deteksiSampah() {
    Serial.println("Sampah terdeteksi!");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Sampah terdeteksi!");

    // Baca jenis sampah
    delay(100);
```

```
    int isMetal = digitalRead(PROXIMITY_PIN);
    delay(50);
    int isMetalConfirmed = digitalRead(PROXIMITY_PIN);

    // Jika logam
    if (isMetal == HIGH && isMetalConfirmed == HIGH) {
        Serial.println("Sampah Logam!");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Sampah Logam!");
        servoMotor.write(180);  //
    }
    // Jika non-logam
    else {
        Serial.println("Sampah Non-Logam!");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Sampah Non-Logam!");
        servoMotor.write(0);  //
    }

    // Tunggu sejenak, lalu reset posisi awal
    delay(1500);
    servoMotor.write(90);

    // Tunggu tombol dilepas
    while (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
        delay(10);
    }
    delay(500);
    // Reset status
    statusSampah = false;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Menunggu sampah...");
    Serial.println("Menunggu sampah baru...");
}
```

Bagian kode ini mendefinisikan fungsi deteksiSampah(), yang berperan penting dalam mengidentifikasi jenis sampah dan mengendalikan gerakan motor servo untuk memisahkan sampah berdasarkan kategorinya

Ketika fungsi ini dijalankan, sistem menampilkan pesan “Sampah terdeteksi” bersamaan “sampah logam” jika sampah logam begitupun jika sampah non-logam menampilkan pesan “Sampah Terdeteksi Sampah Non-Logam” ,di layar LCD dan Serial Monitor sebagai indikasi bahwa ada sampah yang masuk apakah sampah logam

ataupun sampah non-logam. Setelah itu, proses deteksi jenis sampah dimulai dengan membaca status dari sensor proximity pada PROXIMITY_PIN, yang menentukan apakah sampah tersebut berbahan logam atau non-logam. Pembacaan dilakukan dua kali dengan jeda waktu singkat untuk memastikan keakuratan data.

Jika kedua pembacaan menunjukkan nilai HIGH, sampah dikategorikan sebagai logam. Pesan " Sampah Terdeteksi Sampah Logam!" ditampilkan pada layar LCD dan Serial Monitor, dan servoMotor diarahkan ke sudut 180°, menunjukkan tempat pembuangan sampah logam. Namun, jika hasil pembacaan menunjukkan nilai lain, sampah dikategorikan sebagai non-logam, dan servoMotor diarahkan ke sudut 0°, menunjukkan pembuangan tempat sampah non-logam.

Setelah proses pemilahan selesai, sistem menunggu selama 1500 ms sebelum mengembalikan posisi servo ke sudut 90° sebagai posisi netral. Selanjutnya, program menunggu hingga tombol dilepas dengan membaca status BUTTON_PIN, memastikan bahwa sistem tidak langsung mendeteksi sampah berikutnya secara otomatis. Setelah tombol dilepas, sistem memberikan jeda tambahan selama 500 ms untuk memastikan stabilitas, lalu statusSampah diatur kembali ke false agar siap mendeteksi sampah baru.

Terakhir, layar LCD menampilkan pesan "Menunggu sampah...", dan pesan serupa dikirim ke Serial Monitor, menandakan bahwa sistem kembali dalam mode siaga. Fungsi ini memastikan bahwa proses deteksi dan pemilahan sampah berjalan dengan baik, sambil memberikan waktu tunggu yang cukup untuk menghindari deteksi berulang yang tidak diinginkan.

e. Fungsi Cek Kapasitas Sampah

```
void cekTempatSampah() {
    long durationMetal, durationNonMetal;
    int distanceMetal, distanceNonMetal;

    // Ultrasonik Logam
    digitalWrite(TRIG_PIN_METAL, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG_PIN_METAL, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN_METAL, LOW);
    durationMetal = pulseIn(ECHO_PIN_METAL, HIGH);
    distanceMetal = durationMetal * 0.034 / 2;

    // Ultrasonik Non-Logam
    digitalWrite(TRIG_PIN_NON_METAL, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG_PIN_NON_METAL, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN_NON_METAL, LOW);
    durationNonMetal = pulseIn(ECHO_PIN_NON_METAL, HIGH);
    distanceNonMetal = durationNonMetal * 0.034 / 2;

    // Cek apakah penuh
if (distanceMetal <= minDistance || distanceNonMetal <=
minDistance) {
        if (!tempatSampahPenuh) {
     lcd.clear();
     lcd.setCursor(0, 0);
     if (distanceMetal <= minDistance) {
     lcd.print("Logam: Penuh");
     lcd.setCursor(0, 1);
     lcd.print("Jarak: ");
     lcd.print(distanceMetal);
     lcd.print(" cm");
       } else {
     lcd.print("Non-Logam: Penuh");
     lcd.setCursor(0, 1);
     lcd.print("Jarak: ");
     lcd.print(distanceNonMetal);
     lcd.print(" cm");
       }
     tempatSampahPenuh = true;
     delay(5000); // Tunda supaya tidak terus-terusan refresh
     lcd.clear();
     lcd.setCursor(0, 0);
     lcd.print("Menunggu sampah...");
        }
    } else {
        if (tempatSampahPenuh) {
```

```
            tempatSampahPenuh = false;
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("Menunggu sampah...");
        }
    }
}
```

Fungsi cekTempatSampah () mengecek sisa ruang pada tempat sampah dengan dua sensor ultrasonik yang terpisah, satu untuk tempat sampah logam dan untuk tempat sampah non-logam. Penting untuk dicatat terlebih dahulu bahwa setiap sensor ultrasonik memiliki dua bagian, bagian pemancar dan penerima. Sinyal TRIG secara berurutan dikirimkan ke masing-masing sensor (TRIG_PIN_METAL dan TRIG_PIN_NON_METAL), kemudian ECHO_PIN_METAL dan ECHO_PIN_NON _METAL akan menangkap waktu pantulan sinyal yang sedang berdurasi. Pantulan sinyal selama waktu dijabarkan ke jarak dalam satuan cm dan memerlukan modifikasi menjadi (durasi * 0.034 / 2). Hasil dari jarak objek dengan sensor ultrasonik.

Setelah jarak terukur, program memeriksa apakah salah satu tempat sampah telah penuh dengan membandingkan nilai jarak dengan batas minimal yang telah ditentukan dalam minDistance. Jika sampah logam atau non-logam terdeteksi penuh, sistem akan menampilkan pesan "Logam: Penuh" atau "Non-Logam: Penuh" di layar LCD, serta mencetak informasi serupa ke Serial Monitor. Selain itu, layar LCD juga akan menampilkan jarak terakhir yang diukur oleh sensor ultrasonik.

Ketika kondisi penuh pertama kali terdeteksi, variabel tempatSampahPenuh diubah menjadi true untuk mencegah pengulangan pesan. Sistem kemudian menunggu selama 5000 ms sebelum kembali menampilkan pesan "Menunggu sampah..." di layar LCD, menandakan bahwa sistem dalam mode siaga.

Jika tidak ada deteksi tempat sampah penuh, program akan terus memperbarui layar dengan pesan "Menunggu sampah..." dan memastikan tempatSampahPenuh tetap false. Dengan cara ini, sistem dapat secara otomatis memonitor kapasitas sampah dan memberikan peringatan jika tempat sampah sudah mencapai batas kapasitasnya.

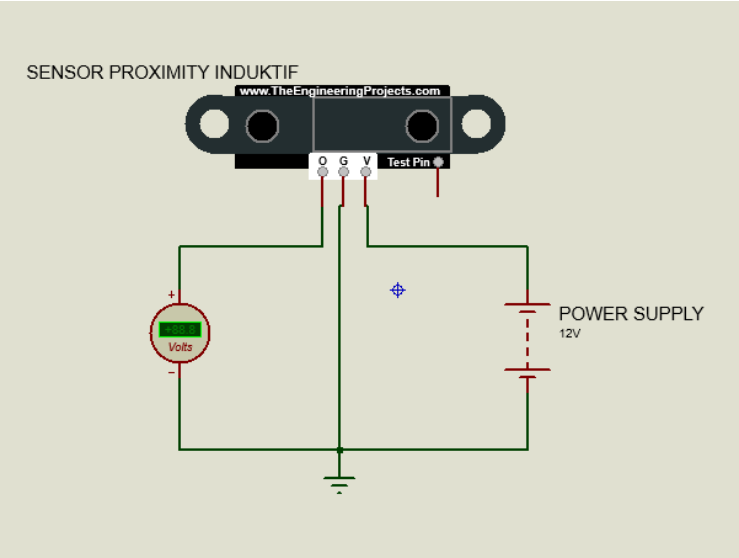
C. Pengujian

1. Pengujian Sensor Proximity Induktif

Pengambilan data pada pengujian sensor proximity induktif dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan objek logam di depan sensor. Sensor proximity induktif yang digunakan terhubung pada pin digital mikrokontroler, dan pengujian dilakukan dengan meletakkan objek logam dan non-logam secara bertahap pada jarak yang berbeda dari permukaan sensor, yaitu mulai dari 5 mm hingga 1 mm. Jenis logam yang digunakan dalam pengujian ini adalah besi, aluminium dan lainnya serta jenis non-logam yang digunakan dalam pengujian ini adalah kertas, plastik dan lainnya. Setiap jarak diuji sebanyak lima kali dengan jarak berbeda-beda untuk memastikan konsistensi pembacaan sensor. Sistem membaca output digital dari sensor, yaitu HIGH saat sensor mendeteksi logam dan LOW saat tidak ada logam yang terdeteksi. Selain pembacaan digital melalui mikrokontroler, dilakukan pula pengukuran tegangan output sensor menggunakan multimeter digital. Multimeter dihubungkan ke pin output sensor dan ground untuk membaca perubahan tegangan secara langsung. Tegangan output umumnya berada pada kisaran 0 V saat tidak terdeteksi (LOW) dan sekitar 12 V saat logam terdeteksi (HIGH)**,** sesuai dengan

tegangan kerja sensor. Data hasil pengukuran tegangan ini dicatat untuk setiap jenis objek dan jarak uji, sehingga dapat dibandingkan akurasi dan stabilitas respons sensor.

Sensor proximity induktif juga dilengkapi dengan indikator LED bawaan yang menyala saat logam terdeteksi dan mati saat non-logam. LED ini menjadi indikator visual tambahan selama pengujian, yang memudahkan pengamatan secara langsung terhadap respon sensor tanpa harus melihat hasil di serial monitor mikrokontroller. Pengujian sensor proximity dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 9 Pengujian Sensor Proximity Induktif

Berdasarkan hasil pengujian sensor proximity induktif dapa dilihat pada tabel 4.1, terhadap berbagai jenis benda pada jarak yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa sensor ini secara efektif mendeteksi benda berbahan logam atau mengandung unsur logam. Hal ini ditunjukkan dari pembacaan pada benda seperti paku, teh kotak, kaleng, dan pembungkus rokok, yang menghasilkan tegangan output sebesar 12,05V dan

menyalanya LED indikator sensor saat benda didekatkan pada jarak 4 mm hingga 1 mm. Sedangkan pada jarak 5 mm, semua benda tidak terdeteksi, yang menunjukkan bahwa jarak deteksi optimal sensor berada pada kisaran 4-1 mm, dan semakin sensitif ketika objek sampah semakin dekat.

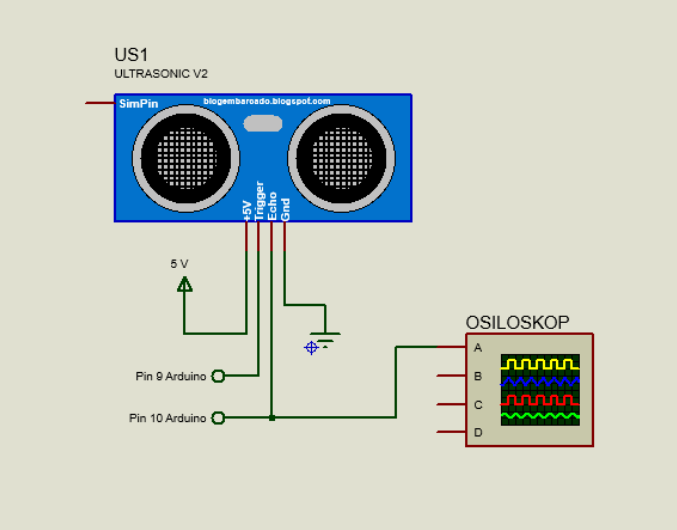
Sementara, benda non-logam seperti kertas, air gelas, dan botol minuman tidak menghasilkan tegangan output dan LED sensor padam pada semua jarak. Hal ini menunjukkan bahwa sensor proximity induktif tidak mampu mendeteksi benda non-logam, sesuai dengan prinsip kerjanya yang hanya merespon material logam melalui gangguan medan elektromagnetik. benda seperti teh kotak dan pembungkus rokok, meskipun tidak sepenuhnya logam, tetap terdeteksi. Ini disebabkan oleh lapisan alumunium foil di dalam kemasan**,** yang cukup untuk memicu respon sensor. Dengan demikian, sensor proximity induktif ini hanya digunakan untuk mengklasifikasikan jenis sampah berbahan logam, selama jarak deteksi di bawah 5 mm.

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor Proximity

NO	Jenis Benda	Jarak (MM)	Tegangan Output (V)	Led Sensor
1	Paku	5	0	Padam
		4	12,05	Nyala
		3	12,05	Nyala
		2	12,05	Nyala
		1	12,05	Nyala
2	Teh Kotak	5	0	Padam
		4	12,05	Nyala
		3	12,05	Nyala
		2	12,05	Nyala
		1	12,05	Nyala
3	Kaleng	5	0	Padam
		4	12,05	Nyala
		3	12,05	Nyala
		2	12,05	Nyala
		1	12,05	Nyala
4	Kertas	5	0	Padam
		4	0	Padam
		3	0	Padam
		2	0	Padam
		1	0	Padam
5	Air Gelas	5	0	Padam
		4	0	Padam
		3	0	Padam
		2	0	Padam
		1	0	Padam
6	Minuman Botol	5	0	Padam
		4	0	Padam
		3	0	Padam
		2	0	Padam
		1	0	Padam
7	Pembungkus Rokok	5	0	Padam
		4	12,05	Nyala
		3	12,05	Nyala
		2	12,05	Nyala
		1	12,05	Nyala

2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengambilan data pada pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap jarak yang diukur menggunakan penggaris sebagai acuan. Dalam pengujian ini, objek diletakkan pada posisi tertentu dengan jarak yang bervariasi dari sensor, misalnya mulai dari 5 cm hingga beberapa sentimeter. Sensor ultrasonik terhubung ke pin digital mikrokontroler, dengan konfigurasi pin Trigger dan Echo yang diatur melalui program Arduino. Program digunakan untuk mengaktifkan sensor, membaca durasi pantulan gelombang ultrasonik, dan mengubahnya menjadi data jarak dalam satuan sentimeter. Setiap posisi objek diukur terlebih dahulu menggunakan penggaris, kemudian nilai jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik melalui serial monitor, serta gelombang sinyal sensor ditampilkan melalui osiloskop yang dihubungkan ke pin output sensor. Setiap posisi objek diukur terlebih dahulu menggunakan penggaris, lalu hasil pembacaan dari sensor dicatat. Perbedaan antara jarak aktual (penggaris) dan pembacaan sensor digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor ultrasonik. Selain itu, bentuk sinyal pada osiloskop juga diamati untuk memastikan kestabilan respon sensor terhadap variasi jarak. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa sensor mampu memberikan hasil yang stabil dan akurat dalam mendeteksi ketinggian atau jarak benda di tempat sampah. Gambar pengujian dan gambar Jarak Sinyal yang di tampilkan osiloskop dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4. 10 Pengujian Sensor Ultrasonik

Kode program Arduino untuk pengujian sensor ultrasonik ditampilkan di bawah ini, sebagai bagian dari pemrograman sistem yang digunakan dalam proses pengambilan data.

```
// Define pins for HC-SR04
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;

// Define variables for distance measurement
long duration;
int distance;

void setup() {
// Initialize serial communication
Serial.begin(9600);

// Set up the trigger pin as an OUTPUT
pinMode(trigPin, OUTPUT);

// Set up the echo pin as an INPUT
pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
// Clear the trigger pin
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
```

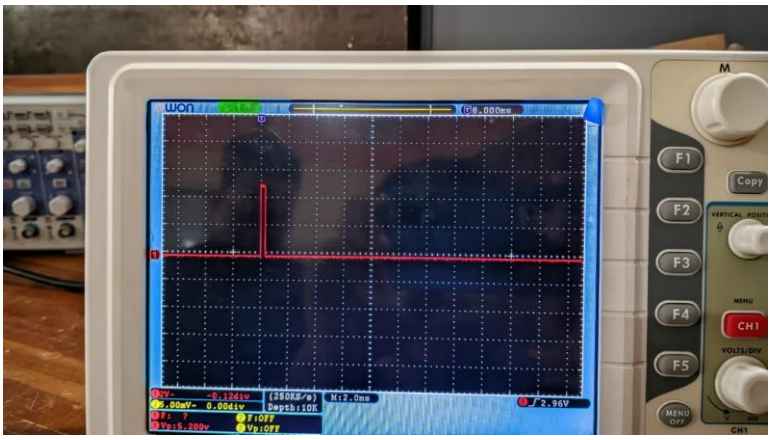
```
// Set the trigger pin HIGH for 10 microseconds
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);

// Read the echo pin and measure the pulse duration
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

// Calculate the distance in centimeters
distance = duration * 0.0344 / 2;

// Print the distance to the serial monitor
Serial.print("Distance: ");
Serial.print(distance);
Serial.println(" cm");

// Delay before the next measurement
delay(500);
}
```



Gambar 4. 11 Jarak Sinyal 5 cm

a. Menghitung Duty Cycle Untuk menetukan durasi waktu pada jarak 5 cm

Waktu = 0,15 × 2 = 0,3 m/s = 0,3 × 10^{-3} s

b. Menghitung Jarak berdasarkan waktu yang terbaca pada sinyal

Jarak = Waktu × $\frac{340\ m/s}{2}$

$= 0{,}3 \,.\, 10^{-3}$ s $\times \frac{340\ m/s}{2}$

= 0,051 m

= 5, 1 cm

Berdasarkan data hasil pengujian sensor ultrasonic dapat dilihat pada table 4.2, didapatkan bahwa jarak yang terbaca oleh sensor memiliki selisih kecil dibandingkan dengan jarak sebenarnya yang diukur menggunakan penggaris. Misalnya, pada jarak aktual 5 cm, sensor ultasonik membaca jarak 5,1 cm, begitu juga seterusnya hingga jarak 30 cm, di mana sensor membaca jarak 30,6 cm dengan contoh rumus di atas pada jarak 5 cm. Dalam hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang konsisten sekitar 0,1 hingga 0,6 cm lebih tinggi dari nilai sebenarnya yang dimana apabila jaraknya semakin dekat maka waktu tempuhnya akan semakin cepat dan sinyal semakin kecil sebaliknya apabila jaraknya semakin jauh maka waktu tempuhnya akan semakin lama dan sinyal akan semakin besar. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor delay kecil pada waktu pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonik, atau pantulan gelombang yang sedikit memicu dari permukaan benda. Meskipun demikian, akurasi sensor tetap tergolong baik dan cukup presisi, karena perbedaan nilai dari sesor tersebut tidak terlalu jauh dengan nilai yang di dibandingkan dengan jarak yang di ukur menggunakan penggaris. Dengan demikian, sensor ultrasonik dapat diandalkan untuk pengukuran ketinggian atau jarak benda di tempat sampah dalam sistem ini.

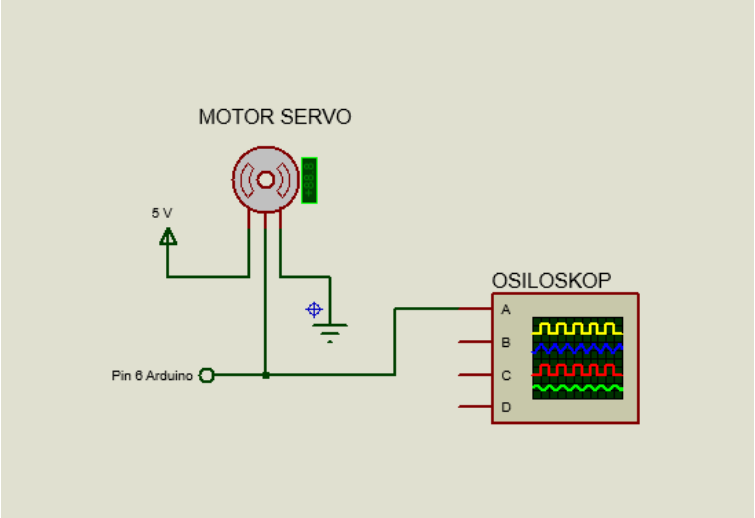
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Penggaris (cm)	Ultrasonik (cm)
1	5	5, 1
2	10	10, 2
3	15	15, 3
4	20	20, 4
5	25	25, 5
6	30	30, 6

3. Pengujian Motor Servo

Pada pengujian motor servo, metode pengambilan data dilakukan dengan mengatur sinyal PWM (Pulse Width Modulation) secara manual menggunakan program sederhana dilakukan dengan cara membandingkan sudut putaran servo terhadap referensi sudut yang ditentukan menggunakan penggaris busur derajat. Penggaris busur ini diposisikan secara sejajar dengan sumbu putaran sudut servo, sehingga setiap perubahan sudut yang diberikan melalui program dapat diamati secara visual dan dicatat. Dalam program tersebut, pin servo diatur sebagai output dengan variabel servoPin = 9, dan nilai tundaHigh digunakan untuk mengatur durasi sinyal HIGH dalam mikrodetik. Misalnya, tundaHigh = 2300 akan menghasilkan sinyal dengan lebar pulsa sekitar 2,3 ms, yang mengarah ke posisi mendekati 180 derajat. Program mengatur pin menjadi HIGH selama durasi tundaHigh, lalu kembali LOW. Untuk memastikan akurasi sinyal kontrol PWM (Pulse Width Modulation) yang mengatur posisi servo, digunakan osiloskop guna memantau sinyal dari pin kontrol

servo pada mikrokontroler Untuk memastikan bahwa sinyal yang dikirim sesuai dengan sudut motor servo yang diinginkan. Dengan osiloskop, lebar pulsa (duty cycle) dari sinyal PWM dapat diamati secara langsung, dan setiap perubahan sudut akan menghasilkan perubahan lebar pulsa antara 0° hingga 180°. Dengan demikian, data sudut aktual dapat dibandingkan dengan lebar pulsa dan nilai sudut yang diprogram, untuk mengevaluasi konsistensi dan akurasi gerakan motor servo dalam sistem. Metode ini membantu memastikan bahwa servo merespons perintah dengan benar sesuai dengan sinyal yang diberikan.



Gambar 4. 12 Pengujian Motor Servo

Kode program Arduino untuk pengujian motor servo ditampilkan di bawah ini, sebagai bagian dari pemrograman sistem yang digunakan dalam proses pengambilan data.

```
int servoPin = 6;
int tundaHigh = 2300 ;
void setup() {
pinMode(servoPin, OUTPUT);
```

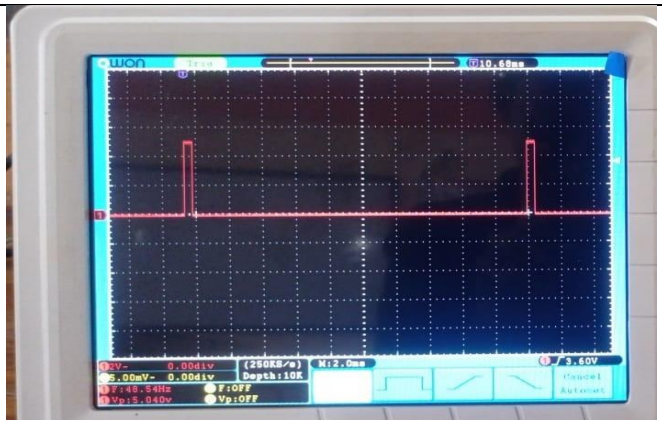
```
}
void loop() {
digitalWrite(servoPin, HIGH);
delayMicroseconds(tundaHigh);
digitalWrite(servoPin, LOW);
delay(20);
}
```

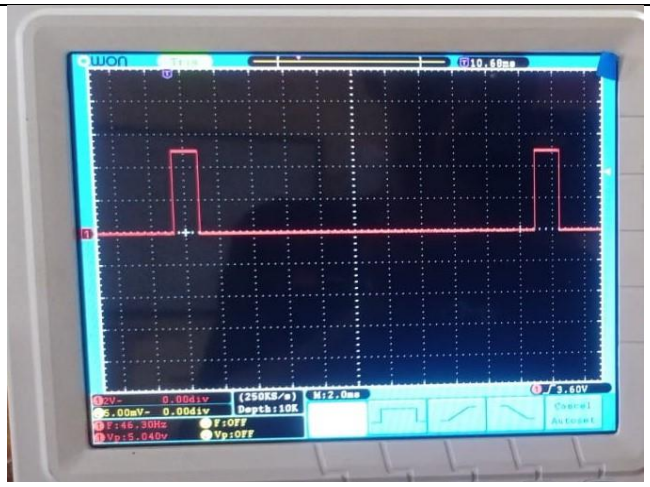
Berdasarkan hasil pengujian motor servo pada tabel 4.3 , dilakukan pengamatan sudut putaran terhadap variasi sinyal PWM yang dikirimkan. Sinyal dikendalikan dengan mengatur lebar pulsa (duty cycle) menggunakan delay mikrodetik dalam program. Dengan mengacu pada gambar sinyal yang ditampilkan melalui osiloskop dan pengukuran sudut menggunakan busur derajat, diperoleh bahwa setiap perubahan lebar pulsa menghasilkan perubahan posisi sudut pada motor servo.

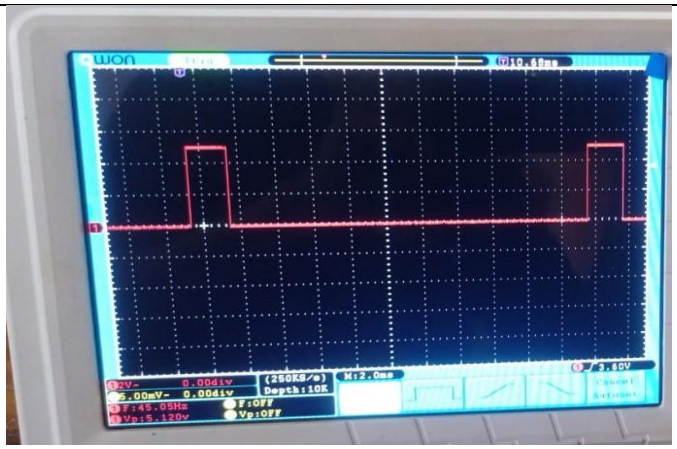
Pada kondisi awal dengan pulsa (1000 mikrodetik), servo berada pada posisi 0°. Ketika lebar pulsa ditingkatkan secara bertahap (misalnya 1200 µs untuk 36°, 1500 µs untuk 90°, hingga sekitar 2000 µs untuk 180°), posisi servo berputar sebanding dengan sinyal yang diberikan. Setiap nilai pulsa menunjukkan korelasi langsung terhadap sudut rotasi servo yang dihasilkan.

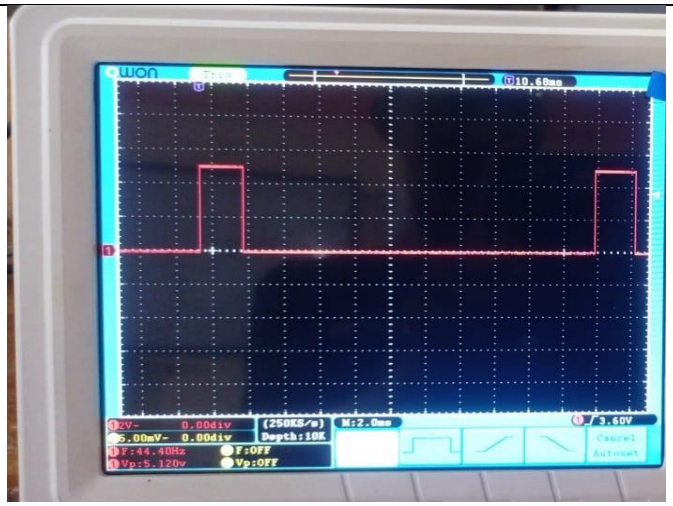
Analisis menunjukkan bahwa motor servo merespons secara linier terhadap variasi sinyal PWM, di mana perubahan durasi pulsa menghasilkan perubahan sudut yang proporsional. Penggunaan osiloskop membantu dalam mengamati kestabilan sinyal, sedangkan busur derajat digunakan untuk memverifikasi ketepatan sudut fisik servo. Dengan demikian, pengujian ini membuktikan bahwa kendali sudut motor servo dapat dilakukan secara akurasi dengan pengaturan nilai tundaHigh pada program mikrokontroler.

Tabel 4. 3 Pengujian Motor Servo

Sudut °	Gambar Sinyal
0°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (1000 – 1000) x 180/1000 = 0° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (0° x 1000/180 + 1000 = 1000 µs
36°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (1200 – 1000) x 180/1000 = 36° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (36° x 1000/180 + 1000 = 1200 µs

Sudut °	Gambar Sinyal
63°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (1350 – 1000) x 180/1000 = 63° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (63° x 1000/180 + 1000 = 1350 µs
90°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (1500 – 1000) x 180/1000 = 90° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (90° x 1000/180 + 1000 = 1500 µs

Sudut °	Gambar Sinyal
126°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (1700 – 1000) x 180/1000 = 126° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (126° x 1000/180 + 1000 = 1700 µs
153°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (1850 – 1000) x 180/1000 = 153° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (153° x 1000/180 + 1000 = 1850 µs

Sudut °	Gambar Sinyal
180°	 a. Menghitung sudut derajat Sudut° = (2000 – 1000) x 180/1000 = 180° b. Menghitung pulsa/lebar pulsa Pulsa (µs) = (180° x 1000/180 + 1000 = 2000 µs

4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

a. Pengujian Sampah Logam

Pada pengujian sistem untuk sampah logam, data diambil dengan menggabungkan semua komponen utama dari alat, yaitu sensor proximity induktif, sensor ultrasonik, motor servo, push button, dan LCD. Proses dimulai saat pengguna menekan tombol push button, yang menandakan bahwa ada sampah logam yang akan dimasukkan. Setelah tombol ditekan, sistem aktif dan siap melakukan proses identifikasi sampah.

Sampah logam kemudian dibuang atau dimasukkan ke dalam pada bagian pembuangan alat, yang dirancang untuk mengarahkan sampah ke pembuangan di bagian kiri sampah logam. Di tengah pembuangan ini terpasang **s**ensor proximity induktif, sehingga ketika sampah berada di dekat sensor tersebut, sensor akan secara otomatis mendeteksi keberadaan material logam. Sebaliknya ketika sampah berada pada posisi jauh dari sensor atau berada di samping sensor maka sensor tidak dapat mendeteksi keberadaan material logam.

Jika sensor mendeteksi adanya logam, maka LCD akan menampilkan keterangan "Sampah Logam", dan motor servo akan berputar 180° ke arah kiri, membuka jalur ke tempat sampah logam. Sampah kemudian jatuh ke dalam tempat tersebut.

Namun, apabila posisi sampah saat dibuang atau dimasukkan tidak tepat dan tidak berada pada bagian tengah saluran pembuangan tempat sensor berada atau berada di samping sensor, maka sensor proximity induktif tidak dapat mendeteksi material logam. Dalam kasus ini, sistem akan menganggap sampah tersebut sebagai non-logam, menampilkan keterangan "Sampah Non-Logam" pada LCD, dan motor servo akan berputar ke posisi 0° ke arah kanan**,** membuka jalur ke tempat sampah non-logam.

Setelah proses pembuangan, sensor ultrasonik yang dipasang di dalam tempat sampah logam akan memantau ketinggian sampah. Jika jarak yang terbaca oleh sensor lebih kecil atau sama dengan batas minimal (15 cm), maka LCD akan menampilkan peringatan bahwa tempat sampah logam telah penuh, dan sistem akan menghentikan sementara proses pendeteksian hingga ruang kembali tersedia.

Semua informasi ditampilkan secara real-time pada layar LCD 16x2 sebagai umpan balik visual kepada pengguna. Dengan demikian, pengambilan data dilakukan secara langsung melalui interaksi pengguna dan pembacaan sensor, yang divalidasi melalui tampilan dan aksi otomatis dari sistem.



Gambar 4. 13 Pengujian Sampah Logam

Pengujian dilakukan dengan memasukkan berbagai jenis benda berbahan logam ke dalam alat untuk mengamati apakah sensor proximity induktif mampu mendeteksi material logam dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 4.4 , diperoleh bahwa tidak seluruh sampah logam berhasil terdeteksi oleh sensor.

Benda-benda seperti teh kotak, susu beruang, kaleng, pembungkus rokok, susu ultra, aluminium, dan besi terdeteksi oleh sensor proximity. Hal ini ditandai dengan keluaran tampilan LCD berupa “Sampah Terdeteksi Sampah Logam” dan pergerakan

motor servo ke kiri sebesar 180°, yang menunjukkan bahwa sistem mengarahkan sampah ke tempat pembuangan logam. Namun demikian, terdapat beberapa kasus di mana benda logam seperti baterai, kaleng, pembungkus rokok, dan aluminium tidak terdeteksi sebagai logam. Dalam kondisi ini, sistem menampilkan “Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam” dan motor servo berputar ke kanan (0°), yang berarti sampah dialihkan ke tempat sampah non-logam.

Dari tiga belas data yang terkumpul, sembilan sampah berhasil diuji positif mengandung logam, sedangkan empat sampah tidak terdeteksi. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa:

- Jumlah benar deteksi (logam terdeteksi): 9.
- Jumlah logam yang gagal (tidak terdeteksi): 4.
- Persentase keberhasilan deteksi = (9 / 13) × 100% = 69,23%
- Persentase gagal deteksi sama dengan (4 / 13) × 100% = 30,77%.

Oleh karena itu, sistem ini memiliki tingkat keberhasilan sekitar ±69,23% dalam mendeteksi keberadaan material logam pada pengujian ini.

Kondisi tidak terdeteksinya benda logam ini disinyalir disebabkan oleh posisi jatuhnya sampah saat dimasukkan ke dalam pembuangan alat atau kontruksi ala itu sendiri. Sensor proximity induktif dalam alat ini dipasang di bagian tengah saluran pembuangan. Oleh karena itu, apabila sampah tidak melewati bagian tengah saluran—misalnya jatuh di sisi pinggir atau tersangkut sebelum menyentuh area sensor—maka sensor tidak akan merespons meskipun benda tersebut mengandung logam, Dengan demikian, ketepatan posisi jatuhnya sampah sangat berpengaruh terhadap keberhasilan

pendeteksian. Hal ini menunjukkan bahwa selain karakteristik sensor, aspek konstruksi alat juga sangat mempengaruhi performa sistem. Penempatan sensor, geometri saluran pembuangan, dan cara pengguna memasukkan sampah merupakan faktor penting dalam menjamin akurasi klasifikasi sampah logam dan non-logam.

Tabel 4. 4 Pengujian Sampah Logam

No	Jenis Benda	Sensor Proximity	Tampilan LCD	Putaran Servo
1	Teh Kotak	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
2	Susu Beruang	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
3	Kaleng	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
4	Pembungkus Rokok	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
5	Baterai	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
6	Susu Ultra	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
7	Pembungkus Rokok	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
8	Aluminium	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
9	Besi	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
10	Kaleng	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
11	Baterai	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
12	Pembungkus Rokok	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
13	Aluminium	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°

b. Pengujian Sampah Non Logam

Pengujian terhadap sampah non-logam dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat mengidentifikasi dan mengarahkan sampah yang tidak mengandung logam ke tempat pembuangan yang sesuai. Pada pengujian ini, digunakan benda-benda yang secara material tidak memiliki kandungan logam yang signifikan, seperti botol, air gelas, kaca , dan kemasan plastik atau kertas dan lain sebagainya.

Proses pengujian diawali dengan menekan tombol push button sebagai tanda bahwa sampah akan dimasukkan. Setelah tombol ditekan, sistem aktif dan siap membaca jenis sampah yang masuk. Sampah non-logam dimasukkan melalui pembuangan bagian alat, lalu jatuh melewati saluran pembuangan yang di tengahnya telah dipasang sensor proximity induktif.

Jika tidak terdeteksi adanya logam oleh sensor proximity, maka sistem secara otomatis mengklasifikasikan sampah tersebut sebagai sampah non-logam. Informasi klasifikasi ditampilkan melalui LCD 16x2 dalam bentuk teks “Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam”**,** sementara motor servo akan bergerak ke posisi 0° (kanan) untuk membuka jalur pembuangan menuju tempat sampah non-logam. Dengan demikian, arah pergerakan servo menandai keputusan sistem dalam proses klasifikasi.

Selain itu, sensor ultrasonik yang berada di dalam tempat sampah non-logam berfungsi untuk memantau ketinggian tumpukan sampah. Apabila jarak sensor terhadap permukaan sampah mencapai batas minimal (15 cm atau kurang), maka sistem akan menampilkan peringatan berupa informasi bahwa tempat sampah telah

penuh**,** dan proses klasifikasi otomatis akan dihentikan sementara sampai tersedia ruang kosong di dalam tempat sampah tersebut.

Proses ini berjalan secara real-time dan memberikan umpan balik langsung kepada pengguna melalui tampilan visual di LCD, serta melalui gerakan motor servo yang mengarahkan sampah ke tempat pembuangan yang sesuai dengan klasifikasinya.



Gambar 4. 14 Pengujian Sampah Non Logam

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sepuluh jenis sampah non-logam sebagaimana disajikan pada dibawah Tabel 4.5, seluruh benda yang diuji tidak terdeteksi oleh sensor proximity induktif. Hal ini menunjukkan bahwa sensor bekerja sesuai fungsinya dalam mengabaikan material non-logam. Jenis sampah yang diuji meliputi botol plastik, plastik kemasan, air gelas, kaca, tisu, kertas, pembungkus makanan, dan saset minuman. Semua jenis tersebut menghasilkan tampilan pada LCD berupa “Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam”**,** dan pergerakan motor servo ke kanan (0°), mengarahkan sampah ke tempat sampah non-logam.

Konsistensi hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi yang baik dalam mengklasifikasikan sampah non-logam. Tidak terdapat kasus kesalahan klasifikasi selama pengujian ini berlangsung. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor proximity tidak memberikan pembacaan palsu terhadap material non-logam yang diuji, baik dari bahan plastik, kertas, maupun kaca. Dengan demikian, sistem memiliki keandalan dalam mendeteksi ketidakhadiran logam dan meresponsnya secara tepat.

Selain itu, tidak ada kendala teknis seperti keterlambatan pembacaan sensor atau kegagalan putaran motor servo yang ditemukan selama pengujian. Respons sistem berlangsung secara otomatis dan real-time, sesuai dengan yang ditampilkan pada LCD dan posisi akhir dari putaran servo. Hal ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya mampu mendeteksi dengan tepat, tetapi juga dapat mengimplementasikan hasil klasifikasi ke dalam aksi mekanis yang sesuai.

Berdasarkan data dari penelitian yang dilakukan terhadap 10 jenis sampah nonlogam yang berbeda, semua sampah berhasil diklasifikasikan sebagai sampah non logam oleh sistem, sehingga menghasilkan tingkat keberhasilan deteksi sebesar 100%. Bahkan tidak ada satu pun contoh kasus di mana sensor salah mengklasifikasi sampah non logam sebagai sampah logam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengambilan sampah non logam memberikan hasil yang positif dan memperkuat validitas sistem dalam menganalisis sampah berdasarkan ada atau tidaknya logam dalam benda yang dibuang.

Tabel 4. 5 Pengujian Sampah Non Logam

No	Jenis Benda	Sensor Proximity	Tampilan LCD	Putaran Servo
1	Botol	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
2	Plastik	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
3	Air Gelas	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
4	Kaca	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
5	Tisu	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
6	Kertas	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
7	Pembungkus Makanan	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
8	Saset Minuman	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
9	Botol Minuman	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
10	Plastik	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°

c. Pengujian Dengan Sampah Yang Sama

Saat menguji sistem untuk sampah logam ini dilakukan dengan pengambilan data melalui penggunaan semua bagian utama dari perangkat tersebut seperti sensor proximity induktif, sensor ultrasonic, motor servo, tombol tekan dan LCD 16×2 dapat dilihat dibawah pada tabel 4.6. Proses dimulai ketika pengguna menekan tombol pemicunya sebagai pertanda bahwa sampah akan dimasukkan ke dalam perangkat tersebut Setelah tombol ditekan sistem akan aktif dan siap untuk melakukan identifikasi sampah.

Sampah Logam dimasukkan ke dalam di bagian atas pembuangan tersebut untuk kemudian dialirkan ke pembuangan di bagian tempat sampah logam atau sampah non logam. Di tengah pembuangan ini terdapat sensor proximitas induktif yang telah terpasang. Dengan penempatan itu, ketika sampah melintasi bagian tersebut, sensor akan secara otomatis mendeteksi adanya material logam.

Jika sensor mendeteksi adanya logam di sekitarnya, tampilan pada LCD akan menunjukkan pesan “Sampah Terdeteksi Sampah Logam", serta motor servo akan bergerak 180° ke kiri untuk membuka jalan menuju tempat pembuang sampah logam. Barang logam tersebut kemudian akan jatuh menuju tempat yang sesuai. Tetapi jika barang logam jatuh di tempat yang tidak tepat dan tidak melewati area tengah saluran sehingga tidak terdeteksi oleh sensor, sensor tidak akan memberikan respons. Ketika hal itu terjadi situasinya seperti ini: sistem mengklasifikasikan sampah sebagai benda non-logam yang ditampilkan sebagai “Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam” pada layar LCD dan motor servo akan bergerak ke arah kanan (0°) untuk membuka jalur menuju tempat sampah non-logam tersebut.

Setelah telah dilakukan pengujian yang terpisah terhadap sampah logam maupun non-logam, langkah selanjutnya adalah menjalankan pengujian sistem dengan menggunakan sampah logam yang sama secara berulang, seperti kaleng, pembungkus rokok dan baterai ini. Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa konsistensi deteksi sensor proximity induktif serta mengevaluasi pengaruh posisi jatuhnya sampah terhadap hasil klasifikasi tersebut.

Dalam pengujian ini, masing-masing jenis sampah diuji lebih dari satu kali dengan cara dimasukkan ke dalam pembuangan secara manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa deteksi oleh sensor tidak selalu konsisten. Misalnya, pada pengujian pertama kaleng berhasil terdeteksi sebagai logam, namun pada percobaan berikutnya lalu tidak terdeteksi karena posisinya tidak tepat menyentuh area sensor. Kasus serupa terjadi pada pembungkus rokok dan baterai. Meski secara material benda-benda tersebut mengandung logam, sistem tidak selalu mengklasifikasikannya dengan benar.

Tabel 4. 6 Pengujian Dengan Sampah Yang Sama

No	Jenis Benda	Sensor Proximity	Tampilan LCD	Putaran Servo
1	Kaleng	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
2	Kaleng	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
3	Kaleng	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
4	Kaleng	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
5	Kaleng	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
6	Kaleng	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
7	Pembungkus Rokok	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
8	Pembungkus Rokok	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
9	Pembungkus Rokok	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
10	Pembungkus Rokok	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
11	Pembungkus Rokok	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°

12	Pembungkus Rokok	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
13	Pembungkus Rokok	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
14	Baterai	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
15	Baterai	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
16	Baterai	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
17	Baterai	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
18	Baterai	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°
19	Baterai	Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Logam	Ke Kiri 180°
20	Baterai	Tidak Terdeteksi	Sampah Terdeteksi Sampah Non Logam	Ke Kanan 0°

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan jenis sampah logam yang sama secara berulang, yaitu kaleng, pembungkus rokok, dan baterai, diperoleh bahwa sistem belum mampu memberikan hasil yang sepenuhnya konsisten dalam mendeteksi keberadaan material logam. Kaleng yang diuji sebanyak enam kali hanya terdeteksi sebagai logam sebanyak empat kali, sehingga persentase keberhasilan deteksi sebesar 66,67%. Pembungkus rokok diuji sebanyak tujuh kali, namun hanya terdeteksi sebanyak tiga kali, yang berarti tingkat keberhasilannya sebesar 42,86%. Sementara itu, baterai yang diuji sebanyak tujuh kali terdeteksi sebanyak empat kali, sehingga keberhasilannya mencapai 57,14%. Secara keseluruhan, dari 20 kali pengujian terhadap tiga jenis benda logam tersebut, sensor berhasil mendeteksi keberadaan logam sebanyak 11 kali.

Artinya, sistem memiliki tingkat keberhasilan sebesar 55% dalam mendeteksi benda logam yang diuji secara berulang.

Ketidakkonsistenan ini diduga kuat disebabkan oleh posisi jatuh sampah yang tidak selalu tepat mengenai area sensor proximity induktif, yang hanya terpasang di bagian tengah saluran pembuangan. Jika benda logam berada di sisi pinggir saluran atau tidak menyentuh langsung area sensor, maka sistem tidak akan memberikan respons meskipun material tersebut berbahan logam. Dengan demikian, selain karakteristik bahan, keberhasilan deteksi sangat dipengaruhi oleh aspek mekanis alat, khususnya penempatan sensor dan bentuk geometris saluran pembuangan.

Faktor utama yang memengaruhi inkonsistensi ini adalah desain fisik dari alat, terutama dalam hal alur jatuh sampah dan jangkauan sensor. Karena sensor hanya berada di satu titik pusat, maka area deteksinya terbatas. Hal ini menyebabkan adanya kemungkinan benda logam terlewat dari jangkauan sensor apabila tidak jatuh tepat di tengah saluran. Oleh karena itu, pengujian ini menegaskan perlunya penyempurnaan desain alat, seperti memperluas cakupan deteksi sensor atau menambah jumlah sensor pada sisi saluran, guna meningkatkan akurasi dan konsistensi sistem dalam mengidentifikasi sampah logam.

Dengan demikian, pengujian terhadap sampah logam yang sama secara berulang memperkuat kesimpulan bahwa aspek teknis, khususnya desain mekanik dan konfigurasi sensor, memiliki pengaruh besar terhadap performa sistem. Evaluasi ini menjadi landasan penting dalam menyusun saran pengembangan alat yang lebih stabil, responsif, dan andal terhadap variasi posisi benda saat proses klasifikasi berlangsung.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem yang dirancang mampu membedakan antara sampah logam dan non-logam secara otomatis menggunakan sensor proximity induktif sebagai pendeteksi utama dengan jarak kurang dari 5 mm. Ketika material logam terdeteksi, sistem akan menampilkan informasi pada LCD dan mengarahkan motor servo ke posisi 180° menuju tempat sampah logam, sedangkan untuk non-logam servo diarahkan ke posisi 0°.
2. Sensor proximity induktif berhasil mendeteksi sebagian besar sampah logam seperti teh kotak, kaleng, aluminium, dan besi dan lain-lain. Namun, tidak semua material logam terdeteksi secara konsisten, terutama jika posisi jatuh sampah tidak tepat mengenai area sensor.
3. Pengujian menggunakan sampah logam yang sama secara berulang menghasilkan tingkat keberhasilan deteksi sebesar 55%. Ketidakkonsistenan ini mengindikasikan adanya masalah dalam aspek mekanik, khususnya konstruksi saluran pembuangan dan penempatan sensor, di mana sensor hanya menjangkau area tengah saluran saja.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut :

1. Konstruksi mekanik alat**,** terutama pada desain saluran pembuangan, agar posisi jatuh sampah dapat lebih terpusat dan diarahkan langsung ke area sensor proximity induktif, sehingga peluang deteksi meningkat.
2. Sistem dapat ditingkatkan agar mampu memilah sampah logam dan non-logam secara otomatis meskipun dibuang secara bersamaan, tanpa adanya campur tangan manusia
3. Menambahkan sensor proximity lebih dari satu titik atau memperluas area cakupan sensor untuk mengurangi kemungkinan sampah logam tidak terdeteksi karena jatuh di sisi saluran.
4. Menambahkan sistem penstabil arah jatuh sampah**,** seperti rel pemandu atau corong berbentuk funnel yang mengarahkan sampah tepat ke tengah jalur sensor.

DAFTAR PUSTAKA

Akhiruddin, A., Imnadir, I., & Nurjannah, N. (2023). Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Menggunakan Sensor Proximity Induktif dan Infrared Berbasis Arduino UNO R3. *JET (Journal of Electrical Technology)*, *8*(3), 83-90.

Alfarisi, M. S. (2020). *Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Organik Anorganik Dan Logam Berbasis Arduino* (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia).

Apriyani, R. K., Rustanti, N., Rahayu, D. P., & Hamid, N. D. U. (2023). Sosialisasi Pengenalan Dan Pemilahan Jenis Sampah Organik Dan Anorganik Di Panti Asuhan Anak Shaleh. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *1*(2), 43-60.

Ardiansyah, Suhir. *Prototype Sistem Interlock Untuk Pintu Ruangan Steril Di Rumah Sakit Berbasis Kontaktor Listrik*. Diss. Universitas Islam Negeri Ar-raniry, 2024.

Arifandi, M. W. (2020). *Pengembangan Sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet Of Things (IOT)* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).

Aripin, S. (2017). *Kajian Mekanis Campuran Limbah Aluminium Dan Alloy Untuk Pembuatan Pully* (Doctoral dissertation).

Damayanti, E., & Saptaji, A. (2024). PENERAPAN LOAD CELL PADA MESIN PENGORENG KERUPUK OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO & PLC. *Jurnal TEDC*, *18*(1), 67-76.

Deddy Pradana, R. (2021). *PEMILAH SAMPAH PINTAR BERDASARKAN LOGAM DAN NONLOGAM DI KANTOR FAKULTAS TEKNIK* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Ponorogo).

Firwansyah, Andi, and Imam Suharjo. "Implementasi Smart Garden Untuk Monitoring Dan Otomatisasi Tanaman Terong Berbasis Internet Of Things Menggunakan Aplikasi Android." *Journal Of Information System And Artificial Intelligence* 5.1 (2024): 228-237.

Fonna, M. Z., Husaini, H., & Indrawati, I. (2020). Penerapan Iot (Internet Of Things) Untuk Pemberian Pakan Ikan Pada Aquarium. *Jurnal Teknologi Rekayasa Informasi dan Komputer*, *3*(2).

Gunawan, I. Ketut Wahyu, et al. "Sistem monitoring kelembaban gabah padi berbasis Arduino." (2020).

Hutabarat, G. I., Hutasoit, G., Hasballah, T., & Pardede, S. (2023). RANCANG BANGUN ALAT PEMILAH HASIL PANEN JAMUR TIRAM GUNA MEMPEROLEH JAMUR TIRAM SEGAR. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, *1*(1), 248-256.

Janaki, M. T. (2024). *Rancang bangun tempat sampah pemilah otomatis berbasis arduino uno dengan sensor proximity* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

Januar, M. A. (2023). Peningkatan teknis operasional pengelolaan sampah di Kota Malang. *Semarang: Universitas Diponegoro*.

Kusnayadi, H., Nurwahidah, S., Mastar, S., & Wijayanti, N. (2021). Pelatihan Pengelolaan Sampah Organik di Desa Jurumapin Berbasis Kompos Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, *7*(1), 15-18.

Limantara, A. D., Purnomo, Y. C. S., & Mudjanarko, S. W. (2017). Pemodelan sistem pelacakan lot parkir kosong berbasis sensor ultrasonic dan internet of things (IoT) pada lahan parkir diluar jalan. *Prosiding Semnastek*.

Maulana, H. (2023). *Sistem Pengusiran Hama Tikus pada Tanaman Padi Menggunakan Sensor Gerak* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Banda Aceh).

Mulyani, I., Putri, E. S., Muliadi, T., & Ayunda, H. M. (2021). Upaya pengendalian sampah plastik di lingkungan sekolah dasar. *Indonesian Journal Of Community Service*, *1*(1), 111-114.

MUNIR, M. (2017). *SISTEM KEAMANAN MESIN PRESS QUENCHING DI PT. INDOSPRING TBK BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN PROGRAM LADDER* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).

Ndiung, S., Nurtati, R., Jenimantris, Y., Eni, B. L., & Mulianti, E. (2022). Pelatihan Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Produk Kreatif Bernilai Ekonomis. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM)*, *5*(3), 849-855.

PANGESTU, MIFTAKHUL. *SISTEM MONITORING SUHU RUANG PENYIMPANAN IKAN*. Diss. Universitas Teknologi Digital Indonesia, 2024.

Pratama, S. W. (2018). Indeks Pencemaran Air Laut Pantai Selatan Bantul Dengan Parameter TSS dan Kimia Non-Logam.

Sam, N. N., Rifaldi, M., Wibowo, N. R., & Nur, M. (2020). Rancang Bangun Modul Praktik Load Cell dengan Kapasitas 20 Kg Berbasis Arduino Nano. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, *2*(1), 21-26.

Sejati, Hanafi. *Pendeteksi Kerusakan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Sms Berbasis Arduino Uno R3*. Diss. STMIK AKAKOM Yogyakarta, 2019.

SIBURIAN, RINGGAS. "Rancang Bangun Sistem Informasi Pasien Berbasis Wemos D1 Mini Layar Display Untuk Rumah Sakit." (2024).

Siregar, Kristina Yanti, and Hotma Pangaribuan. "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENGENDALIAN GORDEN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR." *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)* 12.3 (2025): 78-87.

Subekti, S. (2010). Pengelolaan sampah rumah tangga 3R berbasis masyarakat. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, *1*(1).

Yusuf, M., Supriyono, S., & Riyanto, S. D. (2023). Sistem Pengukuran Berat dan Dimensi Paket Otomatis Menggunakan Sensor Loadcell dan Sensor Ultrasonic Berbasis Mikrokontroller esp32. In *Prosiding Seminar Nasional Wijayakusuma National Conference* (Vol. 4, No. 1, pp. 128-140).