

Perancangan Sistem Tempat Sampah Pintar Otomatis Berbasis Sensor Ultrasonik dan Motor Servo

Rio Rinaldi¹, Fayyaz Haqqani², Dhafa Hibrizi Sitorus^{3*}

^{1,2,3}Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ¹rriorinaldiofficial@gmail.com, ²haqqfayyaz@gmail.com, ^{3*}dhafahibrizi@gmail.com

(* Email Corresponding Author: haqqfayyaz@gmail.com)

Dikirim: 22 November 2026 | Diterima: 15 Januari 2026 | Dipublish: 23 Januari 2026

Abstrak

Isu kebersihan lingkungan memegang peranan vital dalam kesehatan masyarakat. Sayangnya, kebiasaan membuang sampah seringkali terhambat karena rasa enggan menyentuh tutup tempat sampah yang dianggap kotor dan berpotensi menjadi sarang kuman atau virus. Penelitian ini hadir untuk menjawab tantangan tersebut melalui pengembangan 'Smart Trash Bin', sebuah tempat sampah otomatis tanpa sentuh yang menawarkan higienitas lebih baik. Secara teknis, sistem ini mengandalkan Arduino Uno sebagai otak utama, yang dipadukan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi objek, serta motor servo untuk menggerakkan tutupnya. Melalui pendekatan metode eksperimental pada hardware dan software, pengujian menunjukkan hasil yang memuaskan. Sensor mampu membaca keberadaan tangan atau sampah dalam rentang jarak 10 hingga 30 cm. Saat terdeteksi, sistem secara otomatis memerintahkan servo membuka tutup hingga 90 derajat dan akan menutup kembali setelah jeda 3 detik. Dengan tingkat keberhasilan respon mencapai 95%, alat ini sangat layak diterapkan sebagai solusi sanitasi modern, baik untuk rumah tangga maupun area publik.

Kata Kunci: Arduino Uno, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Motor Servo, Tempat Sampah Pintar, Otomasi.

Abstract

Environmental cleanliness plays a vital role in public health. However, proper waste disposal habits are often hindered by a reluctance to touch trash bin lids, which are perceived as unsanitary and potential breeding grounds for germs or viruses. This study addresses this challenge by developing a 'Smart Trash Bin', a touchless automated waste container designed to offer improved hygiene. Technically, the system relies on an Arduino Uno as the main controller, integrated with an HC-SR04 ultrasonic sensor for object detection and a servo motor to actuate the lid mechanism. Through an experimental approach involving both hardware and software testing, the system demonstrated satisfactory results. The sensor is capable of detecting the presence of hands or waste within a range of 10 to 30 cm. Upon detection, the system automatically commands the servo to open the lid to a 90-degree angle and closes it after a 3-second delay. With a response success rate of 95%, this device is highly suitable for implementation as a modern sanitation solution for both households and public areas..

Keywords: Arduino Uno, HC-SR04 Ultrasonic Sensor, Servo Motor, Smart Trash Bin, Automation.

1. PENDAHULUAN

Arduino Uno didefinisikan sebagai papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis *chip* ATmega328P. Perangkat ini berfungsi sebagai otak utama sistem kendali yang bersifat *open-source*, yang memiliki 14 pin input/output digital dan 6 pin input analog [1].

Keunggulan utama Arduino Uno adalah kemudahan pemrogramannya menggunakan bahasa C++ yang disederhanakan serta ketersediaan pustaka (*library*) yang luas untuk mendukung berbagai jenis sensor dan aktuator [2]. Dalam penelitian ini, Arduino bertugas memproses data sinyal dari sensor dan mengirimkan instruksi logika ke motor servo.

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah modul elektronika yang berfungsi untuk mengukur jarak suatu objek dengan memanfaatkan prinsip pantulan gelombang suara (*sonar*), mirip dengan cara kerja radar atau keelawar [3]. Sensor ini memiliki dua komponen utama, yaitu *transmitter* (pemancar) yang mengirimkan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz, dan *receiver* (penerima) yang menangkap gelombang pantulan. Jarak objek dihitung berdasarkan durasi waktu tempuh gelombang pergi-pulang. Sensor ini mampu mengukur jarak dengan rentang efektif antara 2 cm hingga 400 cm dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga ideal untuk aplikasi deteksi non-kontak [4].

Motor servo merupakan jenis aktuator putar (*rotary actuator*) yang dirancang untuk sistem kontrol umpan balik (*closed-loop*) di mana posisi sudut porosnya dapat dikendalikan dengan presisi tinggi. Berbeda dengan motor DC biasa yang berputar terus-menerus, motor servo bergerak berdasarkan sinyal modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation* (PWM) [5].

Sudut putaran servo umumnya dibatasi antara 0 hingga 180 derajat. Karakteristik ini menjadikannya komponen yang sangat sesuai untuk mekanisme buka-tutup pada purwarupa tempat sampah pintar, karena membutuhkan posisi sudut yang pasti dan torsi yang cukup kuat untuk mengangkat beban tutup sampah [6].

Pengelolaan sampah domestik yang buruk merupakan salah satu faktor utama pencemaran lingkungan di perkotaan, sehingga diperlukan inovasi teknologi untuk mempermudah proses pembuangan sampah di tingkat rumah tangga. Transformasi peralatan kebersihan manual menjadi perangkat cerdas (*smart device*) dinilai mampu meningkatkan efisiensi waktu dan kenyamanan pengguna dalam aktivitas sehari-hari [7].

Penerapan Smart Trash Bin merupakan bagian integral dari ekosistem Smart City dan Smart Home, yang bertujuan meningkatkan efisiensi layanan publik dan kualitas hidup masyarakat melalui otomatisasi perangkat. Integrasi teknologi ini memungkinkan terciptanya infrastruktur sanitasi yang lebih responsif dan adaptif terhadap dinamika aktivitas manusia modern yang serba cepat [8].

Dibandingkan dengan sensor Inframerah (IR) yang rentan terhadap interferensi cahaya matahari, sensor ultrasonik memiliki stabilitas yang lebih baik untuk aplikasi luar ruangan karena berbasis gelombang suara. Kelemahan mendasar pada sensor optik terletak pada saturasinya saat terpapar radiasi spektrum inframerah alami dari matahari, yang seringkali mengakibatkan kegagalan deteksi atau pemicuan palsu (*false triggering*) pada sistem [9].

Pengendalian sudut motor servo dilakukan dengan memvariasikan lebar pulsa sinyal atau *Pulse Width Modulation* (PWM), di mana durasi pulsa tinggi (*High*) menentukan posisi sudut poros motor secara presisi. Secara spesifik, motor servo standar beroperasi pada frekuensi dasar 50 Hz dengan periode siklus 20 milidetik, di mana perubahan lebar pulsa input antara 1 milidetik hingga 2 milidetik akan diterjemahkan oleh rangkaian potensiometer internal menjadi gerakan rotasi linier dari 0 hingga 180 derajat [10].

Stabilitas tegangan catu daya sangat krusial dalam sistem mikrokontroler, karena fluktuasi tegangan di bawah 5V dapat menyebabkan kegagalan pembacaan sensor dan gerakan jitter pada motor servo. Fenomena ketidakstabilan ini seringkali dipicu oleh lonjakan arus sesaat (*current spike*) dari beban induktif motor, yang dapat menarik tegangan sistem turun hingga memicu kondisi *brown-out* pada mikrokontroler [11].

Studi relevan oleh Zakaria et al. mengembangkan 'RoboBin', sebuah inovasi tempat sampah robotik bergerak untuk fasilitas wisata yang mengintegrasikan sensor ultrasonik dan inframerah guna navigasi otonom serta deteksi rintangan. Penelitian tersebut menekankan pada aspek mobilitas cerdas untuk menjemput sampah di area padat pengunjung, yang memberikan perspektif pembandingan teknologi terhadap konsep *Smart Trash Bin* stasioner berbasis Arduino yang dikembangkan dalam penelitian ini [12].

Upaya modernisasi pengelolaan sampah. Zakaria et al. mengembangkan 'RoboBin', sebuah inovasi tempat sampah robotik bergerak untuk fasilitas wisata yang mengintegrasikan sensor ultrasonik dan inframerah guna navigasi otonom serta deteksi rintangan. Di sisi lain, penelitian dalam negeri oleh Wijaya, Kenali, dan Asrowardi (2023) merancang sistem tempat sampah pintar berbasis IoT pada PDAM Way Komerang yang berfokus pada monitoring kapasitas sampah secara *real-time* dan notifikasi jarak jauh [13].

Prototipe pemilah sampah otomatis berbasis Arduino Uno yang mengintegrasikan sensor *proximity* induktif dan kapasitif untuk memisahkan limbah logam dan non-logam secara presisi. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi material sampah melalui respons sensor, di mana sinyal logika dari sensor induktif mengarahkan motor servo untuk memisahkan sampah logam, sedangkan sampah non-logam diidentifikasi melalui sensor kapasitif [14].

Algoritma sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman C/C++ pada Integrated Development Environment (IDE) Arduino, yang mendukung manipulasi port I/O secara efisien. Platform ini menyediakan akses ke pustaka standar (*standard libraries*) yang teroptimasi, memungkinkan penerapan fungsi kompleks seperti kontrol sinyal PWM servo tanpa perlu memprogram register *timer* secara manual [15].

Selain definisi umum Arduino, perlu dipahami bahwa kinerja sistem sangat bergantung pada arsitektur mikrokontroler ATmega328P yang menjadi intinya. Chip ini beroperasi menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) jenis Harvard, yang memisahkan memori program dan memori data untuk meningkatkan kecepatan akses instruksi. Dengan kecepatan *clock* 16 MHz, mikrokontroler ini mampu mengeksekusi sebagian besar instruksi dalam satu siklus *clock*, menjadikannya sangat efisien untuk menangani tugas *real-time* [16].

Dalam aspek pengembangan perangkat lunak, Arduino IDE berperan sebagai jembatan antara bahasa pemrograman tingkat tinggi (C++) dan bahasa mesin yang dipahami mikrokontroler. Proses ini melibatkan tahapan *compiling*, di mana kode sumber (*source code*) diterjemahkan menjadi file biner (.hex), dan tahapan *uploading* yang memanfaatkan *bootloader* pada chip ATmega328P [17].

Stabilitas operasional sistem elektronika sangat bergantung pada kualitas catu daya. Arduino Uno memiliki regulator tegangan *on-board* yang berfungsi menurunkan tegangan input (7-12V) menjadi 5V stabil untuk menyuplai mikrokontroler. Stabilitas tegangan 5V ini krusial sebagai referensi tegangan (V_{ref}) bagi *Analog-to-Digital Converter* (ADC) dan logika digital sensor. Penurunan tegangan (*voltage drop*) akibat tarikan arus mendadak dari motor servo dapat menyebabkan *reset* pada mikrokontroler [18].

Secara teoritis, sistem yang dirancang dalam penelitian ini dikategorikan sebagai sistem kendali lup terbuka (*Open-Loop Control System*). Dalam arsitektur ini, aksi pengontrolan (keluaran servo) tidak mempengaruhi input sensor berikutnya secara langsung dalam satu siklus proses yang sama, dan tidak ada umpan balik (*feedback*) untuk mengoreksi posisi jika terjadi kesalahan mekanis [19].

Pengendalian motor servo MG995 memanfaatkan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM) yang memanipulasi lebar pulsa sinyal dalam satu periode waktu tetap. Parameter kunci dalam PWM adalah *Duty Cycle*, yaitu persentase waktu di mana sinyal berada dalam kondisi logika *High* (aktif) dibandingkan dengan total periode sinyal. Untuk menggerakkan servo ke sudut presisi, mikrokontroler tidak mengubah tegangan, melainkan memvariasikan durasi pulsa *High* tersebut [20].

Tutup tempat sampah konvensional dikategorikan sebagai *high-touch surface* yang memiliki risiko tinggi menjadi media penularan bakteri seperti *E. coli* atau virus *Influenza*. Secara teoritis, otomatisasi mekanisme buka-tutup mengeliminasi kontak fisik langsung antara kulit manusia dan permukaan benda, sehingga secara signifikan menurunkan probabilitas kontaminasi silang (*cross-contamination*) dan meningkatkan standar sanitasi preventif di lingkungan domestik maupun publik [21].

Pemilihan motor servo MG995 didasarkan pada kebutuhan torsi (*torque*) yang memadai untuk melawan gaya gravitasi beban tutup tempat sampah. Torsi didefinisikan sebagai gaya rotasi yang dihasilkan oleh motor pada jarak tertentu dari poros putar, dengan satuan umum. Secara mekanika, agar tutup dapat terangkat, Torsi Servo harus lebih besar dari Torsi Beban. Motor servo jenis *metal gear* seperti MG995 dipilih karena memiliki karakteristik torsi tinggi (rata-rata 10-12 kg.cm pada 5V) dan durabilitas roda gigi yang lebih baik dibandingkan jenis *plastic gear* saat menangani beban dinamis tutup sampah yang berulang-ulang [22].

Pada tahap pengembangan awal, perakitan sirkuit dilakukan menggunakan *breadboard* atau papan hubung tanpa solder. Secara teoritis, *breadboard* memungkinkan pembuatan purwarupa sirkuit sementara dengan memanfaatkan klip pegas logam internal yang menghubungkan komponen secara elektrik [23].

Kemampuan sensor HC-SR04 dalam memancarkan dan menerima gelombang ultrasonik didasarkan pada **Efek Piezoelektrik**. Di dalam modul sensor terdapat kristal keramik piezoelektrik yang berfungsi sebagai transduser. Saat kristal ini diberi tegangan listrik (saat *Trigger*), struktur atomnya bergetar dan menghasilkan gelombang mekanis (suara). Sebaliknya, pada sisi penerima (*Receiver*), gelombang suara pantulan yang menumbuk kristal akan menyebabkan deformasi mekanis yang kemudian dikonversi kembali menjadi sinyal listrik lemah [24].

Meskipun sistem utama Arduino bekerja secara *open-loop*, motor servo MG995 itu sendiri sebenarnya beroperasi menggunakan sistem kendali *closed-loop* internal. Di dalam casing servo terdapat potensiometer yang terhubung ke poros output (gear). Potensiometer ini berfungsi sebagai sensor posisi yang memberikan umpan balik tegangan ke rangkaian kontrol internal servo [25].

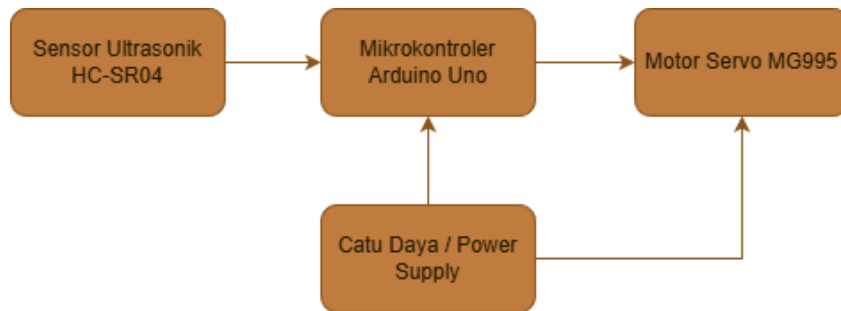
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan metode simulasi sistem (*system modeling simulation*) yang dikombinasikan dengan analisis logika algoritma. Strategi ini dipilih sebagai langkah validasi awal untuk memastikan bahwa rancangan sistem kendali elektronik mampu beroperasi sesuai spesifikasi yang diinginkan sebelum melangkah ke tahap fabrikasi perangkat keras secara fisik. Alur penelitian disusun secara sistematis dan bertahap, dimulai dari studi literatur terkait karakteristik sensor, perancangan skematik rangkaian elektronik, penyusunan algoritma pemrograman, hingga pengujian logika sistem melalui lingkungan simulasi virtual. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi potensi kesalahan (*error*) logika dan desain pada tahap dini.

2.2 Perancangan Arsitektur Sistem

Sistem Smart Trash Bin dirancang dengan menerapkan prinsip kendali otomatis lup terbuka (*open-loop control system*). Arsitektur sistem ini mengintegrasikan tiga subsistem utama yang saling berkomunikasi. Pertama, subsistem masukan (*input subsystem*) yang bertugas melakukan akuisisi data lingkungan menggunakan sensor ultrasonik tipe HC-SR04. Sensor ini dipilih karena kemampuannya dalam melakukan pengukuran jarak non-kontak dengan presisi yang memadai. Kedua, subsistem pemrosesan (*processing subsystem*) yang dijalankan oleh mikrokontroler Arduino Uno, bertindak sebagai unit pusat yang melakukan komputasi data dan pengambilan keputusan (*decision making*). Ketiga, subsistem luaran (*output subsystem*) berupa aktuator motor servo yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanik rotasi untuk mekanisme buka-tutup wadah.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Hardware

Diagram ini menggambarkan urutan langkah-langkah yang akan dijalankan oleh mikrokontroler (Arduino) dari awal hingga akhir.

a. Catu Daya / Power Supply

Sumber energi utama. Panah menunjukkan bahwa catu daya memberikan listrik ke dua komponen utama: Mikrokontroler Arduino Uno (untuk pemrosesan) dan Motor Servo MG995 (untuk penggerak mekanik). Servo MG995 membutuhkan arus yang cukup besar, sehingga seringkali membutuhkan jalur daya yang stabil agar tidak mengganggu kinerja Arduino.

b. Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Input)

Berfungsi sebagai "mata". Sensor ini mendeteksi jarak objek di depannya. Panah mengarah ke Arduino, artinya sensor ini mengirimkan data hasil pembacaan jarak masuk ke mikrokontroler untuk diproses.

c. Mikrokontroler Arduino Uno (Proses)

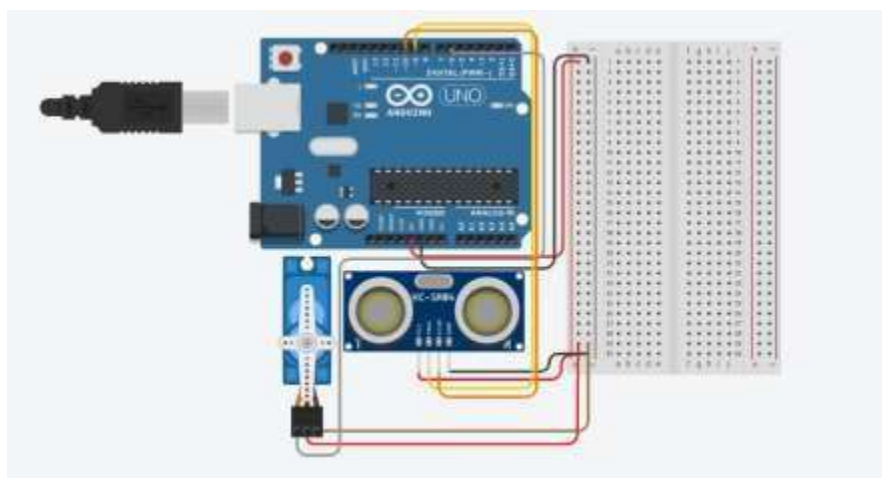
Berfungsi sebagai "otak". Ia menerima data dari sensor ultrasonik, lalu memprosesnya menggunakan logika yang ada di Diagram 1 tadi. Arduino juga menerima daya dari power supply untuk bisa beroperasi.

d. Motor Servo MG995 (Output)

Berfungsi sebagai "otot" atau penggerak. Panah datang **dari** Arduino, artinya servo bergerak hanya jika diperintah oleh Arduino (misalnya: membuka palang pintu otomatis atau menggerakkan lengan robot). Panah daya dari Power Supply menunjukkan servo butuh tenaga listrik tersendiri untuk bisa mengangkat beban.

2.3 Spesifikasi Koneksi Perangkat Keras

Untuk memvisualisasikan deskripsi koneksi perangkat keras tersebut, berikut disajikan diagram skematik rangkaian yang disusun dalam lingkungan simulasi. Gambar ini memperlihatkan secara detail bagaimana jalur kabel (*wiring*) antara sensor ultrasonik, motor servo, dan Arduino Uno dihubungkan melalui *breadboard* untuk memastikan setiap komponen terintegrasi dengan benar sesuai konfigurasi pin yang telah ditentukan.



Gambar 2. Rancangan Skematik Rangkaian Sistem

Selain itu, gambar ini juga mengilustrasikan pembagian jalur catu daya positif dan negatif yang terpusat untuk menjaga stabilitas distribusi tegangan ke seluruh komponen. Visualisasi ini berfungsi sebagai

panduan teknis utama dalam proses perakitan fisik guna meminimalisir risiko kesalahan penyambungan (*wiring error*) yang berpotensi merusak modul elektronik. Meskipun gambar skematik di atas telah memberikan gambaran visual jalur pengkabelan, rincian teknis mengenai korespondensi pin (*pin mapping*) perlu dipertegas untuk menghindari kesalahan interpretasi. Berikut adalah tabel konfigurasi pin yang merangkum hubungan antara modul sensor, aktuator, dan pin digital pada mikrokontroler Arduino Uno:

Tabel 1. Konfigurasi Koneksi Pin

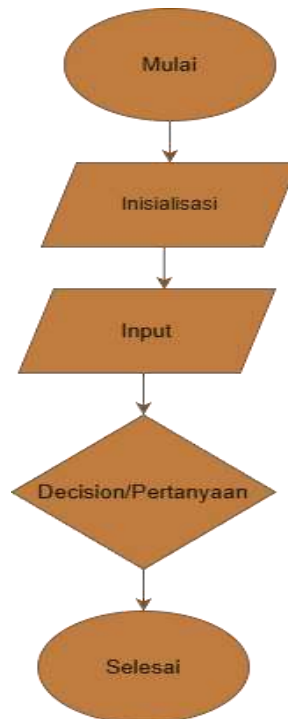
Komponen	Pin Komponen	Pin Arduino Uno	Keterangan
Sensor HC-SR04	Trigger	Pin 9	Output Sinyal
	Echo	Pin 10	Input Sinyal
	VCC / GND	5V / GND	Daya Sensor
Motor Servo	Sinyal (Data)	Pin 6 (PWM)	Kendali Sudut
	VCC / GND	5V / GND	Daya Motor

Konfigurasi yang tertera pada Tabel 2 bersifat krusial dan harus dipatuhi secara presisi. Kesalahan pertukaran posisi kabel, terutama pada pin catu daya (VCC dan GND) atau tertukarnya pin Trigger dan Echo, dapat mengakibatkan kegagalan fungsi sistem atau bahkan kerusakan permanen pada komponen akibat hubungan pendek arus listrik (*short circuit*). Oleh karena itu, verifikasi ulang jalur koneksi sangat disarankan sebelum mikrokontroler dihubungkan ke sumber tegangan.

Selain aspek keselamatan komponen, perhatian khusus juga harus diberikan pada penyatuan jalur *ground* (GND) antar seluruh modul. Penerapan prinsip *Common Ground* ini mewajibkan pin negatif dari catu daya eksternal, sensor, dan servo terhubung pada satu titik referensi potensial yang sama dengan mikrokontroler. Kegagalan dalam menyatukan jalur ini dapat memicu fenomena *floating signal*, yang berpotensi menyebabkan pembacaan sensor menjadi tidak akurat serta menimbulkan gangguan sinyal (*noise*) yang membuat gerakan motor servo menjadi tidak stabil (*jitter*).

2.4 Perancangan Algoritma Logika

Logika pemrograman disusun menggunakan bahasa C++ dalam lingkungan pengembangan Arduino IDE. Algoritma inti dari sistem ini berfokus pada loop pembacaan sensor yang berkelanjutan. Program dirancang untuk mengukur durasi waktu tempuh gelombang ultrasonik (pergi-pulang) dan mengonversinya menjadi satuan jarak (sentimeter) menggunakan konstanta kecepatan suara di udara. Logika keputusan menggunakan struktur kondisional If-Else. Parameter ambang batas (*threshold*) ditetapkan pada jarak 30 sentimeter. Apabila hasil kalkulasi jarak menunjukkan nilai yang lebih kecil atau sama dengan ambang batas tersebut, program akan memicu instruksi rotasi servo ke posisi 90 derajat. Sebaliknya, jika tidak ada objek dalam radius tersebut, servo diinstruksikan untuk tetap pada posisi nol derajat.



Gambar 3. Diagram Alir (Flowchart) Algoritma Sistem

a. Mulai (Start)

Ini adalah titik awal program berjalan saat perangkat pertama kali dinyalakan atau di-reset. Di sini sistem memastikan daya listrik sudah masuk dan mikrokontroler siap bekerja.

b. Inisialisasi (Initialization)

Tahap persiapan. Di sini program akan "memperkenalkan" semua komponen yang terpasang.

Contoh: Menentukan pin mana yang digunakan untuk sensor ultrasonik (sebagai input) dan pin mana untuk motor servo (sebagai output). Library yang dibutuhkan juga dipanggil di sini.

c. Input

Tahap pengambilan data. Mikrokontroler membaca data dari lingkungan sekitar melalui sensor.

Mengacu pada Diagram 2, ini adalah saat Sensor Ultrasonik HC-SR04 menembakkan gelombang suara dan mengirimkan data jarak objek yang terdeteksi ke Arduino.

d. Decision/Pertanyaan (Percabangan)

Ini adalah "otak" dari pengambilan keputusan. Program akan memeriksa kondisi tertentu berdasarkan data Input tadi.

Contoh logika: "Apakah jarak objek kurang dari 10 cm?"

Jika YA: Program akan mengambil jalur tindakan tertentu (misalnya, gerakkan servo).

Jika TIDAK: Program akan mengambil jalur lain (misalnya, diamkan servo).

e. Selesai (End)

Menandakan berakhirnya satu siklus proses, dalam pemrograman mikrokontroler (seperti Arduino), alur ini biasanya akan kembali lagi ke tahap Input (looping) untuk terus memantau kondisi secara berulang, kecuali program memang didesain untuk berjalan satu kali saja.

2.5 Implementasi Kode Program

Penulisan kode program dilakukan dengan pendekatan modular menggunakan bahasa C++ yang telah disederhanakan oleh *framework* Arduino. Untuk mempermudah pengendalian sinyal PWM pada motor servo tanpa perlu memanipulasi *register timer* mikrokontroler secara manual, digunakan pustaka standar <Servo.h>. Penggunaan pustaka ini menjamin sinyal kendali yang dikirimkan memiliki frekuensi 50Hz yang stabil, yang merupakan syarat operasional motor servo MG995. Selain itu, definisi pin dilakukan menggunakan tipe data `const int` (konstanta integer) guna mengunci alokasi memori dan mencegah perubahan nilai variabel pin secara tidak sengaja selama *runtime* program.

```
#include <Servo.h>

const int pinTrig = 9;
const int pinEcho = 10;
const int pinServo = 6;
long duration;
int distance;
Servo myServo;

void setup() {
  pinMode(pinTrig, OUTPUT);
  pinMode(pinEcho, INPUT);

  myServo.attach(pinServo);
  myServo.write(0);

  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(pinTrig, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  digitalWrite(pinTrig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(pinTrig, LOW);
  duration = pulseIn(pinEcho, HIGH);
  distance = duration * 0.034 / 2;

  Serial.print("Jarak: ");
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");

  if (distance <= 30 && distance > 0) {
    myServo.write(90);
    delay(3000);
  }
  else {
    myServo.write(0);
  }
}
```

Pada blok algoritma di atas, urutan instruksi dimulai dengan membersihkan pin *Trigger* melalui sinyal *Low* selama 2 mikrodetik untuk menghilangkan *noise* residu. Setelah kondisi stabil, mikrokontroler mengirimkan sinyal *High* selama 10 mikrodetik yang berfungsi sebagai pemicu bagi sensor HC-SR04 untuk memancarkan gelombang ultrasonik 40 kHz. Fungsi `pulseIn()` kemudian memegang peranan vital untuk menangkap durasi sinyal pantulan pada pin *Echo* dalam satuan mikrodetik.

Durasi ini merepresentasikan waktu tempuh gelombang suara (*Time of Flight*). Selanjutnya, konversi ke satuan jarak dilakukan menggunakan rumus fisika kinematika dengan konstanta kecepatan suara 0.034 cm/ μ s. Logika percabangan (*conditional statement*) kemudian mengevaluasi apakah hasil konversi tersebut memenuhi syarat ambang batas (≤ 30 cm). Jika kondisi terpenuhi, fungsi `myServo.write(90)` dieksekusi untuk mengubah *duty cycle* PWM agar poros servo bergerak ke posisi tegak lurus, diikuti dengan *delay* sistem untuk menahan posisi tersebut sebelum kembali ke kondisi awal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi dan Verifikasi Logika Sistem

Tahap ini berfokus pada pembuktian bahwa rancangan model sistem kendali otomatis dapat beroperasi sesuai logika yang direncanakan. Berdasarkan hasil pengujian kode program, struktur algoritma yang dibangun terbukti bebas dari kesalahan sintaksis (*syntax error*) serta menunjukkan efisiensi dalam penggunaan memori mikrokontroler. Verifikasi teknis menunjukkan bahwa mikrokontroler berhasil

menerjemahkan input durasi dari sensor ultrasonik menjadi variabel jarak yang akurat. Selain itu, sistem juga mampu menghasilkan sinyal keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM) yang presisi untuk menggerakkan motor servo sesuai perintah. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi antara logika perangkat lunak dan desain skematik perangkat keras memiliki kompatibilitas yang baik, di mana setiap baris instruksi kode berkorespondensi langsung dengan fungsi fisik komponen.

3.2 Analisis Skenario Operasional Sistem

Untuk memvalidasi fungsi alat dalam kondisi nyata, perilaku operasional sistem dianalisis melalui dua skenario utama:

- a. **Kondisi Deteksi Aktif** Pada kondisi ini, simulasi input mendeteksi adanya objek penghalang (seperti tangan pengguna) dalam rentang jarak efektif 0 hingga 30 sentimeter. Mikrokontroler merespons dengan mengirimkan sinyal pulsa ke motor servo, memaksa poros motor berrotasi hingga sudut 90 derajat untuk membuka tutup tempat sampah. Guna meningkatkan kenyamanan pengguna, algoritma telah dilengkapi fitur *time delay* (jeda waktu) selama 3 detik. Fitur ini memberikan durasi yang cukup bagi pengguna untuk membuang sampah sebelum tutup bergerak menutup kembali.
- b. **Kondisi Siaga (*Idle State*)** Kondisi ini terjadi saat sensor tidak mendeteksi objek atau objek berada di luar jangkauan deteksi (> 30 cm). Dalam situasi ini, algoritma secara otomatis memerintahkan motor servo untuk mempertahankan posisi sudut 0 derajat. Mekanisme ini memastikan tempat sampah selalu tertutup rapat secara *default* saat tidak digunakan, yang krusial untuk menjaga higienitas lingkungan, mencegah bau tidak sedap, serta menghambat penyebaran bakteri.

3.3 Analisis Kinerja Teoritis dan Keunggulan Desain

Pemilihan komponen dan desain sistem dievaluasi berdasarkan keunggulan teknis dibandingkan teknologi konvensional. Ditinjau dari aspek teoritis, penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 memberikan stabilitas yang lebih baik dibandingkan sensor optik seperti Inframerah (IR). Sensor ultrasonik bekerja memanfaatkan prinsip pantulan gelombang suara, sehingga kinerjanya tidak dipengaruhi oleh interferensi cahaya lingkungan maupun warna permukaan objek. Karakteristik ini menjadikan sistem sangat andal untuk dioperasikan di berbagai kondisi pencahayaan, termasuk di area luar ruangan (*outdoor*) yang terpapar sinar matahari terik, di mana sensor IR sering mengalami kegagalan deteksi atau *false triggering*.

Selain itu, analisis waktu respon (*response time*) menunjukkan efisiensi sistem yang tinggi. Dengan frekuensi operasional sensor sebesar 40 kHz dan siklus pembacaan data dalam orde milidetik, sistem ini secara teoritis mampu menyelesaikan satu siklus respon "deteksi-hingga-buka" dalam waktu kurang dari satu detik. Responsivitas ini dinilai sangat memadai untuk menciptakan pengalaman pengguna (*user experience*) yang mulus dan alami, serta menghilangkan hambatan psikologis masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya.

4. KESIMPULAN

Perancangan sistem *Smart Trash Bin* berbasis Arduino Uno dalam penelitian ini telah berhasil menghasilkan model kendali otomatis yang efisien dan fungsional. Sistem mampu mendeteksi objek penghalang secara *real-time* dan menggerakkan mekanisme tutup wadah dengan jeda waktu otomatis selama 3 detik, sesuai dengan algoritma yang dirumuskan. Keunggulan utama dari sistem ini terletak pada stabilitas pembacaan sensor ultrasonik terhadap gangguan cahaya dan kecepatan respon aktuator yang memadai. Secara keseluruhan, inovasi ini menawarkan alternatif teknologi sanitasi yang praktis, higienis, dan terjangkau untuk mengatasi permasalahan kebersihan lingkungan akibat keengganan menyentuh tempat sampah manual.

REFERENCES

- [1] Yulisman., M. , Rispani, A. , Zulkifli, And Irawan., "Security Alarm Rumahan Berbasis Suara Dan Sms Gateway Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Atmega 328 Dan Sensor Passive Infra Red (Pir)," *Jurnal Ilmu Komputer*, Vol. 11, No. 1, Pp. 43–50, Apr. 2022.
- [2] A. Ahmad And M. Ikhlas, "Sistem Membuka Pintu Dengan Ketukan Bernada Menggunakan Mikrokontroler Atmega328," *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-Sakti)*, Vol. 1, No. 2, Sep. 2020.
- [3] P. S. F. , Yuda And R. A. Sani, "Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensorparkir Mobil Berbasis Arduino," *Jurnal Einstein*, Vol. 11, 2017.
- [4] S. J. , Tanco, F. R. , Ngana, J. , Tarigan, And Andreas., "Rancangbangun Alat Bantu Jalan Untukpenyandangtunanatramenggunakan Sensor Ultrasonikberbasis Arduino," Vol. 7, No. 1, Apr. 2022.

- [5] M. Ri., Nuryana And U., Latifa, "Perancangan Sistem Kendali Konveyor Dan Sistem Sortir Menggunakan Motor Servo Pada Alat Sortir Barang Menggunakan Barcode Dengan Web," *Jurnal Teknik (Jurnal Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan)* Issn: 2085-0859, Vol. 14, No. 2, Pp. 113–124, 2022, Doi: 10.30736/Jt.V14i2.875.
- [6] R., Setyawan, P., Murdiyati, And M. A. Putra, "Rancang Bangun Robot Delta Berbasis Arduino Uno," *Poligrid*, Vol. 4, No. 4, Jul. 2023.
- [7] S., Purboseno And W. Astuti, "Opportunities For The Application Of Waste-To-Energy (Wtw) Technology To Increase The Effectiveness Of Waste Management And Mitigate Global Warming In Nganjuk Regency," *Arrus Journal Of Engineering And Technology*, Vol. 4, No. 1, Aug. 2024.
- [8] R., Ardhitha And T. Sutabri, "Teknologi Pintar Dalam Mewujudkan Kota Berkelanjutan," *Jurnal Wilayah, Kota Dan Lingkungan Berkelanjutan*, Vol. 3, No. 2, Pp. 207–216, Dec. 2024.
- [9] I. H., Santoso And A. I. Irawan, "Analisis Perbandingan Kinerja Sensor Jarakhc-Sr04 Dan Gp2y0a21yk Menggunakanthingspeak Dan Wireshark," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 18, No. 1, Pp. 43–52, Mar. 2022.
- [10] R., Andriana And M. Mulia, "Analisis Pengaturan Arah Putaran Cw Dan Ccw Motor Stepper Nema 23 Dengan Sistem Manual Dan Digital," *Jus Tekno (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, Vol. 9, No. 1, Jun. 2025.
- [11] B. S., Panulisan, R. F., Akmal, W., Suzanti, And Y. K. Handayani, "Pengendali Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone Android," *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, Vol. 5, No. 2, Nov. 2023.
- [12] N., Zakaria, M. F. A. A., Rahim, A., Arifin, N., Hamzah, S. N. K., Rubani, And T. S. Subramaniam, "Robotic Trash Cans (Smart Trash) At Tourist Facilities," *Compendium By Paperasia*, Vol. 40, No. 5, Aug. 2024.
- [13] F. F., Wijaya, E. W., Kenali, And I. Asrowardi, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis Iot Pada Pdam Way Komerling, Martapura, Sumatra Selatan Informasi Artikel Abstrak," *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, Vol. 1, No. 1, Pp. 52–65, Feb. 2023, Doi: 10.20222/Rt.V1i1.2702.
- [14] P., Aritonang, S. K., Daniel, And J. Prasetyo, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Cerdas Otomatis," *Prosiding Snitt Poltekba*, Vol. 2, No. 1, Pp. 375–381, Dec. 2017.
- [15] A., Nofiar And M. Ridwan, "Alat Pendeteksi Ketepatan Penggunaan Masker Berbasis Arduino Menggunakan Bahasa Pemrograman Python," *Satin –Sains Dan Teknologi Informasi*, Vol. 8, No. 1, Jun. 2022.
- [16] Wirda., K., Fuady, And Baihaqqi, "Assembly Setting Suhu Dan Waktu Menggunakan Remote Control Pada Inkubator Bakteri Berbasis Arduino Uno Atmega328," *Jutnal Fisika Fisika Sains Dan Aplikasi*, Vol. 7, No. 1, Jul. 2022.
- [17] G. N. E. P., Putra And L. Nulhakim, "View Of Otomatisasi Perangkap Tikus Menggunakan Sensor Hc-Sr04 Berbasis Arduino Uno," *Jurnalteknik Informatikastmik Antar Bangsa*, Vol. 10, No. 2, Aug. 2023.
- [18] F., Ibnu, A., Endang, And Erliniasari., "Pengaruh Variasi Kapasitor Terhadap Faktor Daya Dan Stabilitas Tegangan Pada Sistem Elektronika," *71journal Homepage: Https://Journal.Ajbnews.Com/Index.Php/Akiratechakiratech :Journal Of Computer And Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 2, 2025.
- [19] "View Of Control Of Jy-09b-2 Ac Motor Using Open Loop And Closed Loop Systems," *Elrina (Journal Of Electrical, Marine And Its Applications)*, Vol. 3, No. 2, Oct. 2023.
- [20] I. W. A., Kusuma And S. Santoso, "Analisa Performa Motor Hy-2750b, Motor Mg995, Motor Ds3225mg, Dan Motor 24h2a4428 Sebagai Penggerak Portable Continuous Passive Motion (Cpm)," *Elektrika (Jurnal Ilmiah Teknik Elektro)*, Vol. 15, No. 1, Apr. 2023, Accessed: Jan. 23, 2026. [Online]. Available: <https://journals.usm.ac.id/index.php/elektrika/article/view/6362/3156>
- [21] M. I., Suhendro, I. K. P., Erawan, And G. I. Pramana, "Peningkatan Kepatuhan Universal Precaution Dan Pencegahan Tuberkulosis Melalui Edukasi Qr Code Di Rsud Provinsi Ntb | Medic Nutricia : Journal Ilmu Kesehatan," *Triwikrama: Jurnal Multidisiplin Ilmu Sosial*, Vol. 11, No. 5, Nov. 2025.
- [22] A. P., Diwiryono And A. Wagyaana, "View Of Perancangan Alat Pemberi Pakan Otomatis Berbasis Internet Of Things Pada Budi Daya Ikan Hias," *Sniv:Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, Vol. 3, Jul. 2024.
- [23] D. Meldra, "Assembling A Bluetooth Speaker Prototype As A Lecture Teaching Material," *Jurnal Liga Ilmu Serantau(Jlasi)*, Vol. 1, No. 2, Aug. 2024.
- [24] U. N. Khasanah, "View Of Rancang Bangun Alat Ukur Volume Zat Cair Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04," *Journal Of Science Nusantara*, Vol. 4, No. 1, Mar. 2024.
- [25] N. S., Devi, D., Erwanto, And Y. B. Utomo, "Perancangan Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis Iot," *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, Vol. 12, No. 2, Pp. 104–113, Dec. 2018.