

PERANCANGAN SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY BERBASIS ARDUINO DI SDN 5 MAWASANGKA, BUTON TENGAH

Nurjannah¹, Mutmainnah Muchtar^{2*}, Sarimuhammad³, Kharis Sya'ban⁴, Rahmat Karim⁵,
Muhammad Na'im Al Jum'ah⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Jl. Pemuda No. 339 Tahoa, Kolaka, Sultra.

Received: 28 April 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

arduino;
fuzzy logic;
sensor ultrasonik;
smart trash bin.

Correspondent Email:

muchtarmutmainnah@gmail.com

Abstrak. Smart Trash Bin adalah inovasi teknologi yang mengintegrasikan sensor dan sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Smart Trash Bin menggunakan logika fuzzy berbasis Arduino di SDN 5 Mawasangka, Buton Tengah. Dalam penelitian ini, sistem menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi level sampah dalam tempat sampah, motor servo untuk mengontrol penutup otomatis tempat sampah, dan DFPlayer Mini serta speaker untuk memberikan notifikasi audio kepada pengguna. Metode logika fuzzy digunakan untuk mengatur keputusan sistem dalam mengatur operasi tempat sampah berdasarkan kondisi lingkungan. Penelitian ini melibatkan tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem di lingkungan sekolah dasar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Smart Trash Bin yang dirancang dapat bekerja secara efektif dalam mengelola sampah dengan tingkat akurasi yang memadai. Diharapkan, implementasi Smart Trash Bin ini dapat membantu meningkatkan kesadaran akan kebersihan lingkungan di lingkungan sekolah dan masyarakat sekitarnya.

Abstract. Smart Trash Bin is a technological innovation that integrates sensors and automation systems to enhance waste management efficiency. This study aims to design and implement a Smart Trash Bin using fuzzy logic based on Arduino at SDN 5 Mawasangka, Buton Tengah. In this research, the system utilizes ultrasonic sensors to detect the trash level inside the bin, servo motors to control the automatic lid of the trash bin, and DFPlayer Mini along with a speaker to provide audio notifications to users. Fuzzy logic method is employed to regulate the system's decisions in managing the trash bin operations based on environmental conditions. The study involves the stages of design, fabrication, and system testing in the elementary school environment. The test results indicate that the designed Smart Trash Bin can effectively manage waste with adequate accuracy. It is expected that the implementation of this Smart Trash Bin can help raise awareness of environmental cleanliness within the school and surrounding community.

1. PENDAHULUAN

Pendidikan lingkungan dan kebersihan merupakan aspek penting yang perlu

ditanamkan sejak usia dini. Sekolah dasar memiliki peran yang krusial dalam membentuk karakter anak-anak dan menanamkan sikap

peduli terhadap lingkungan sekitar. Pada tahap ini, anak-anak mulai memahami konsep-konsep dasar tentang pentingnya menjaga kebersihan dan merawat lingkungan. Di Indonesia, kesadaran akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan masih perlu ditingkatkan, terutama di kalangan anak-anak. Oleh karena itu, pengenalan konsep-konsep lingkungan yang menyenangkan dan menarik perlu dilakukan sejak dini agar anak-anak memiliki pemahaman yang baik tentang pentingnya menjaga lingkungan.

Salah satu cara yang inovatif untuk mengajarkan nilai-nilai lingkungan kepada anak-anak adalah melalui implementasi teknologi yang menarik dan interaktif. Dalam konteks ini, penggunaan sensor ultrasonik menjadi relevan[1]. Sensor ultrasonik memiliki kemampuan untuk mendeteksi jumlah sampah dalam tempat sampah dengan mengukur jarak dari permukaan sampah ke sensor[2]. Dengan memanfaatkan sensor ini, *Smart Trash Bin* dapat memantau level sampah secara real-time dan memberikan informasi kepada pengguna tentang kapasitas tempat sampah[3].

Selain itu, sensor ultrasonik juga dapat digunakan untuk mendeteksi jarak orang yang ingin membuang sampah. Ketika seseorang mendekati *Smart Trash Bin*, sensor ultrasonik akan mendeteksi keberadaannya dan secara otomatis membuka tutup sampah agar orang tersebut dapat membuang sampah dengan mudah. Setelah sampah dibuang, tutup sampah akan tertutup kembali secara otomatis setelah orang tersebut menjauh.

Arduino adalah platform perangkat keras open-source yang dirancang untuk keperluan pengembangan elektronik yang dapat diprogram[4]. Arduino terdiri dari papan mikrokontroler yang dapat diprogram untuk melakukan berbagai macam tugas, mulai dari mengendalikan perangkat elektronik sederhana hingga sistem yang lebih kompleks. Dalam membangun *Smart Trash Bin*, Arduino digunakan untuk mengendalikan operasi perangkat keras, seperti sensor ultrasonik, motor servo untuk membuka dan menutup tutup sampah, dan output suara dari speaker. Dengan Arduino, pengembangan dan implementasi *Smart Trash Bin* dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cepat, serta memungkinkan

fleksibilitas dalam menyesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari studi kasus ini.

Penerapan logika fuzzy dalam studi kasus *Smart Trash Bin* memiliki beberapa keuntungan. Pertama, logika fuzzy memungkinkan penanganan data yang tidak pasti dan kompleks[5], [6], seperti tingkat kebersihan sampah yang bervariasi. Dalam hal ini, logika fuzzy dapat membantu dalam menentukan tingkat pengosongan tempat sampah berdasarkan level sampah yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik. Kedua, dengan mempertimbangkan berbagai variabel yang terlibat, seperti tingkat kebersihan dan jumlah sampah, logika fuzzy dapat memberikan respons yang lebih adaptif dan fleksibel, meningkatkan efisiensi dan kinerja *Smart Trash Bin* secara keseluruhan.

Di SDN 5 Mawasangka, Buton Tengah, pentingnya penanaman nilai-nilai lingkungan sejak dini juga menjadi perhatian utama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *Smart Trash Bin* menggunakan logika fuzzy berbasis Arduino di sekolah tersebut. Dengan adanya *Smart Trash Bin* yang interaktif ini, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi anak-anak dalam menjaga kebersihan lingkungan sekolah dan menjadi agen perubahan yang positif dalam lingkungan mereka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah sebuah sistem yang digunakan untuk memodelkan kesamaran atau ketidakpastian dalam suatu masalah dengan menggunakan nilai keanggotaan atau derajat kebenaran yang dapat berada di antara 0 dan 1. Dalam logika fuzzy, suatu variabel tidak hanya memiliki nilai biner 0 atau 1, namun dapat memiliki nilai antara keduanya, seperti 0,2 atau 0,8[6].

Dalam logika fuzzy, variabel dan pernyataan dinyatakan dalam bentuk himpunan fuzzy yang memiliki fungsi keanggotaan[7]. Konsep ini memungkinkan penanganan data yang tidak pasti dan kompleks dengan cara menangkap ketidakpastian dalam data dan memberikan fleksibilitas dalam pengambilan keputusan. Salah satu kelebihan utama dari logika fuzzy

adalah kemampuannya untuk mengatasi masalah ketidakpastian dan kompleksitas dalam sistem, serta memberikan kemampuan adaptif dalam menangani data yang tidak lengkap atau ambigu. Arsitektur sistem logika fuzzy pada dasarnya terdiri dari 4 bagian, yaitu: Rules base, Fuzzyfikasi, Sistem inferensi fuzzy dan Defuzzifikasi.

2.2. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sebuah alat yang mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik dan sebaliknya[8]. Cara kerjanya berdasarkan pada prinsip pantulan gelombang suara untuk menentukan jarak suatu benda dengan frekuensi tertentu. Sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik, yang memiliki frekuensi sangat tinggi (20.000 Hz) dan tidak dapat didengar oleh telinga manusia, namun dapat didengar oleh hewan seperti anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba.



Gambar 1. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik menggunakan piezoelektrik untuk menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya pada frekuensi 40 kHz) yang ditujukan ke suatu area atau target. Ketika gelombang menyentuh permukaan target, gelombang pantulan akan ditangkap oleh sensor, yang kemudian menghitung selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang pantulan untuk menentukan jaraknya.

2.3. Motor Servo MG 996R

Motor Servo MG 996R adalah jenis motor listrik yang menggunakan sistem *closed loop* untuk mengatur kecepatan, akselerasi, dan posisi akhir dengan tingkat akurasi yang tinggi. Motor ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu motor itu sendiri, sistem kontrol, dan potensiometer atau encoder yang terhubung dengan roda gigi pada poros output.



Gambar 2. Motor Servo MG 996R

Potensiometer atau encoder berfungsi sebagai sensor yang memberikan umpan balik ke sistem kontrol untuk memastikan bahwa posisi target telah tercapai. Encoder umumnya digunakan dalam aplikasi industri, sementara potensiometer lebih umum digunakan dalam aplikasi yang lebih sederhana seperti mobil remote kontrol. Potensiometer ini memiliki tiga kabel, dua untuk pasokan daya dan satu untuk sinyal.

2.4. Mikrokontroler Arduino Uno

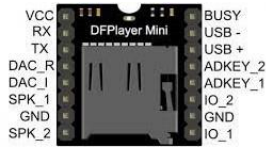
Mikrokontroler Arduino Uno adalah sebuah papan pengembangan elektronik yang menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Papan ini memiliki berbagai pin input/output yang dapat diprogram untuk mengontrol berbagai perangkat elektronik seperti sensor, motor, dan lampu LED. Arduino Uno juga dilengkapi dengan antarmuka USB untuk pemrograman dan komunikasi dengan komputer[4], [9]. Dengan lingkungan pengembangan perangkat lunak yang sederhana dan mudah dipahami, Arduino Uno sangat populer di kalangan pembuat, hobiis, dan pengembang yang ingin membuat proyek elektronik secara mandiri.



Gambar 3. Mikrokontroler Arduino Uno

2.5. DFP Player Mini dan Loudspeaker

DFPlayer Mini adalah sebuah modul suara yang dapat memutar file audio dalam format MP3 secara langsung dari kartu microSD. Modul ini dilengkapi dengan antarmuka serial yang memungkinkan pengendalian yang mudah melalui mikrokontroler seperti Arduino. Selain itu, modul ini dilengkapi dengan tombol kontrol fisik untuk memutar, berhenti, dan mengatur volume secara langsung.



Gambar 4. DFPlayer Mp3 Mini

Speaker adalah perangkat output suara yang digunakan untuk mengeluarkan suara dari sinyal audio yang diterima [10]. Dalam penelitian *Smart Trash Bin*, DFPlayer Mini digunakan untuk memutar suara sebagai notifikasi sistem, sedangkan speaker digunakan untuk mengeluarkan suara notifikasi tersebut sehingga dapat didengar dengan jelas oleh pengguna.



Gambar 5. Speaker buzzer 8 ohm

2.6. *Smart Trash bin*

Smart trash bin, atau tempat sampah pintar[11], adalah sebuah inovasi teknologi yang mengintegrasikan berbagai sensor dan sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah. *Smart trash bin* dapat dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi level sampah di dalamnya, sistem pembuka tutup otomatis, dan kemampuan untuk memberikan notifikasi kepada pengguna ketika tempat sampah sudah penuh atau perlu dikosongkan. Dengan fitur-fitur tersebut, smart trash bin dapat membantu dalam mengoptimalkan pengelolaan sampah, mengurangi polusi lingkungan, dan meningkatkan kesadaran akan kebersihan.

3. METODE PENELITIAN

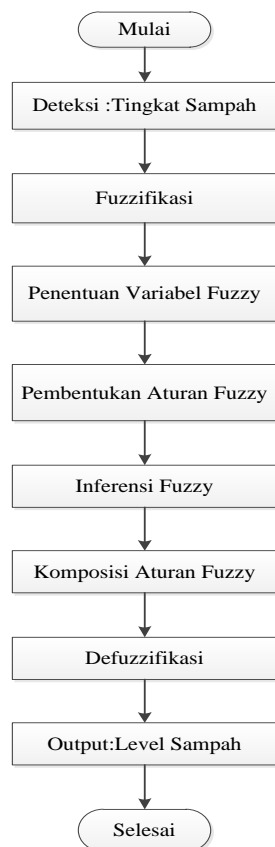
Untuk membangun *smart trash bin* menggunakan logika fuzzy berbasis Arduino ini, dibutuhkan beberapa perangkat keras dan lunak. Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan perancangan perangkat keras dengan mengintegrasikan seluruh perangkat yang sudah disiapkan yaitu:

1. Tempat Sampah, sebagai tempat / wadah penampung sampah sementara.
2. Arduino Uno, untuk membaca data dari berbagai sensor, misalnya jarak, inframerah, suhu, cahaya, ultrasonik, tekanan,

kelembaban dan lain lain.

3. Sensor Ultrasonik, untuk mendeteksi jarak benda/objek dari sensor.
4. Motor Servo MG 996R, untuk membuka dan menutup tempat sampah dengan bantuan logika fuzzy untuk mengontrol gerak penutup tempat sampah, akselerasi dan kecepatan.
5. DFPlayer mini (Modul suara), merupakan modul pemutar audio yang berfungsi untuk memberikan respon dalam bentuk audio kepada orang yang membuang sampah.
6. Speaker, untuk mengantarkan gelombang audio dari DFPlayer menjadi gelombang suara.
7. Kabel Jumper, untuk menghubungkan semua komponen alat tempat sampah otomatis agar saling terhubung.
8. Papan Breadboard, untuk menghubungkan media konduktif (pengantar listrik) dan kabel jumper sehingga daya dapat didistribusikan dari satu komponen ke komponen lainnya.

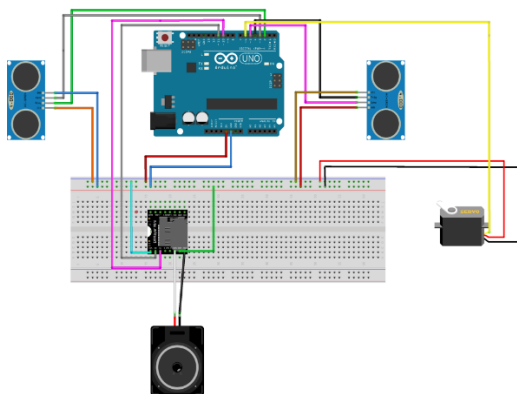
Adapun *Software* yang digunakan yaitu Arduino IDE. Arduino IDE (*Integrate Development Enviroment*), ialah *software* yang dipakai untuk membuat, mengedit suatu kode program, memverifikasi, dan mengunggah kode program ke arduino dan kemudian program tersebut di-*upload* ke papan board Mikrokontroler Arduino Uno.

Gambar 6. Flowchart sistem *smart trashbin*

Alat ini dirancang untuk mengendalikan sebuah sistem pintu tempat sampah otomatis dengan menggunakan Arduino Uno. Berikut adalah rangkuman cara kerja sistemnya:

1. Program menginisialisasi berbagai komponen dan variabel yang diperlukan, termasuk:
 - a. Sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak objek di luar tempat sampah (Sensor 1) dan jarak objek dalam tempat sampah (Sensor 2).
 - b. Sebuah servo motor untuk mengontrol pintu tempat sampah.
 - c. Modul DFPlayer Mini untuk memutar audio.
 - d. Variabel-variabel yang digunakan untuk mengontrol servo, menghitung jumlah pembukaan pintu, dan menentukan ambang batas untuk membuka pintu.
2. Pada fungsi ``setup()``, program melakukan inisialisasi awal, termasuk mengatur posisi awal servo, inisialisasi komunikasi serial untuk modul DFPlayer Mini, mengatur volume audio, dan mengaktifkan komunikasi serial untuk debugging.
3. Fungsi ``loop()`` dijalankan terus-menerus dan melakukan langkah-langkah berikut:
 - a. Mengukur jarak dengan Sensor 1 (sensor ultrasonik luar) untuk mendeteksi objek di luar tempat sampah.
 - b. Menggunakan logika fuzzy dengan fungsi ``fuzzyControl()`` untuk menentukan apakah pintu sampah harus dibuka atau ditutup berdasarkan jarak yang diukur oleh Sensor 1.
 - c. Mengontrol servo pintu berdasarkan hasil logika fuzzy: membuka pintu jika perlu dan menutupnya kembali jika tidak.
 - d. Memainkan audio sebagai umpan balik ketika pintu dibuka atau ditutup sesuai dengan kondisi sampah dan mengatur ulang penghitungan jika pintu sudah pernah dibuka sebelumnya.
 - e. Memanggil fungsi ``sensor2Loop()`` untuk mengukur jarak dengan Sensor 2 (sensor kapasitas sampah) dan menghitung tingkat sampah berdasarkan logika fuzzy.
4. Fungsi ``fuzzyControl()`` digunakan untuk mengimplementasikan logika fuzzy sederhana yang menentukan apakah pintu sampah harus dibuka atau ditutup berdasarkan jarak yang diukur oleh Sensor 1. Jika jarak di antara 1 hingga 50 cm, pintu dibuka; jika tidak, pintu ditutup.
5. Fungsi ``openDoor()`` dan ``closeDoor()`` mengontrol posisi servo untuk membuka dan menutup pintu sampah sesuai dengan keputusan logika fuzzy.
6. Fungsi ``sensor2Loop()`` digunakan untuk mengukur jarak dengan Sensor 2 (sensor kapasitas sampah) dan menghitung tingkat sampah dalam tempat sampah berdasarkan logika fuzzy yang lebih kompleks.
7. Fungsi ``fuzzyLogic()`` menerapkan logika fuzzy sederhana untuk mendeteksi level sampah dalam tempat sampah berdasarkan jarak yang diukur oleh Sensor 2. Tingkat sampah diukur dalam rentang persentase dari 0% hingga 100% berdasarkan jaraknya. Fungsi ``fuzzyLogic()`` digunakan untuk menghitung level sampah berdasarkan jarak yang diukur oleh sensor 2. Logika fuzzy ini menggambarkan level sampah sebagai persentase berdasarkan jarak. Semakin dekat jaraknya, semakin tinggi level sampahnya.

Dengan demikian, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6, sistem ini memanfaatkan dua sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek di luar dan dalam tempat sampah, serta mengambil keputusan menggunakan logika fuzzy untuk mengontrol pintu sampah dan memberikan umpan balik audio ketika pintu dibuka atau ditutup berdasarkan kondisi sampah. Sementara itu Gambar 7 menunjukkan skema rangkaian yang dirancang



Gambar 7. Skema rangkaian untuk *smart trash bin*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap implementasi dimulai dengan mempersiapkan komponen perangkat keras (Hardware) seperti Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, Motor Servo, DFPlayer Mini, Speaker Buzzer 8 ohm, Memory Card, Papan Breadboard dan Kabel Jumper. Kemudian tahap berikutnya adalah persiapan komponen perangkat lunak (Software) menggunakan Arduino IDE. Gambar 8 menunjukkan tampilan *smart trash bin* yang telah dirancang. Sedangkan pada Gambar 9, menunjukkan proses pengujian yang langsung melibatkan siswa-siswi SDN 5 Mawasangka.



Gambar 8. Tampak depan dan belakang dari *smart trash bin*



Gambar 9. Pengujian fungsi *smart trash bin* oleh siswa-siswi SDN 5 Mawasangka

4.1. Sensor Luar

Pada penelitian ini penulis menggunakan dua sensor Ultrasonik, dimana sensor ultrasonik 1 (sensor luar) digunakan untuk mendeteksi objek diluar tempat sampah. Dan mengintegrasikan logika fuzzy dalam fungsi ``fuzzyControl()'`` dengan menggunakan data dari kedua sensor. Ini menggabungkan informasi dari sensor luar dan sensor kapasitas sampah untuk mengambil keputusan apakah pintu harus dibuka atau ditutup berdasarkan aturan logika fuzzy yang telah ditetapkan dengan jarak deteksi yaitu 1 sampai 50 cm. Jika nilai output 1, itu menunjukkan pintu harus dibuka, sementara nilai 0 menunjukkan pintu harus ditutup. Berikut gambar sensor luar untuk mendeteksi objek dan tampilan serial monitornya:



Gambar 10. Sensor Ultrasonik Luar

4.2. Sensor Kapasitas

Pada sistem ini sensor 2 (sensor kapasitas) digunakan untuk mendeteksi level kapasitas sampah didalam tempat sampah dengan mengimplementasikan logika fuzzy sederhana untuk mendeteksi level sampah dalam tempat

sampah berdasarkan jarak yang diukur oleh sensor 2. Fungsi ini mengembalikan level sampah berdasarkan jarak yang diukur oleh sensor kapasitas. Ini digunakan untuk menentukan seberapa penuh tempat sampah. Level sampah dinyatakan dalam nilai persentase, dihitung berdasarkan jarak yang diukur: 100 untuk tinggi, 75 untuk sedang, 50 untuk rendah, 25 untuk sangat rendah, dan 0 untuk kosong atau sangat rendah. Tingkat sampah diukur dalam rentang presentase dari 0% hingga 100% berdasarkan jaraknya. Berikut gambar sensor dalam untuk mendeteksi level kapasitas sampah didalam tempat sampah dan tampilan serial monitornya.



Gambar 11. Sensor Ultrasonik Dalam

Untuk pembagian nilai pada sensor ultrasonik 2 (sensor kapasitas) di serial monitor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian nilai sensor ultrasonik (sensor dalam)

No.	Nilai Sensor	Keterangan	Kategori
1.	40 – 50 cm	Level sampah 0%	Kosong
2.	30 – 40 cm	Level sampah 25%	Sangat rendah
3.	20 – 30 cm	Level sampah 50%	Rendah
4.	10 – 20 cm	Level sampah 75%	Sedang
5.	1 – 10 cm	Level sampah 100%	Tinggi

Tujuan pembagian nilai sensor pada sensor 2 (sensor kapasitas) yaitu mengukur level sampah di dalam tempat sampah untuk memberikan tindakan sesuai dengan level sampah yang terdeteksi. Dengan kata lain, semakin tinggi nilai distance(jarak), semakin rendah nilai yang dikembalikan oleh fungsi, mencerminkan tingkat sampah yang semakin rendah. Sebaliknya, semakin rendah nilai distance(jarak), semakin tinggi nilai yang

dikembalikan, mencerminkan tingkat sampah yang semakin tinggi.

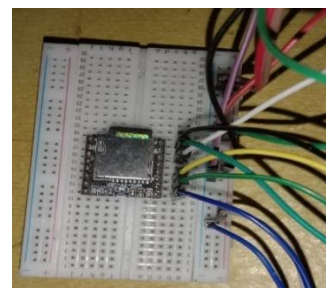
4.3. Motor Servo

Pada perancangan sistem tempat sampah ini menggunakan motor servo yang terkoneksi dengan kedua sensor ultrasonik yang digunakan pada tempat sampah ini. Sistem ini dirancang untuk secara otomatis membuka pintu tempat sampah ketika ada objek di luar tempat sampah dan level sampah di dalam tempat sampah belum mencapai ambang batas tertentu, yang ditentukan oleh `TRASH_THRESHOLD`. Sistem ini memanfaatkan informasi dari sensor-sensor tersebut untuk mengambil keputusan menggunakan logika fuzzy untuk mengatur kondisi terbuka dan tertutupnya tutup tempat sampah dengan menggunakan fungsi perintah `openDoor()` dan `closeDoor()`. Fungsi ini mengontrol motorservo untuk membuka atau menutup pintu tempat sampah berdasarkan output fuzzy yang dihasilkan oleh kedua sensor. Dimana fungsi perintah `openDoor()` berfungsi menggerakkan servo ke posisi terbuka (180 derajat) dan fungsi perintah `closeDoor()` berfungsi menggerakkan servo ke posisi tertutup (0 derajat).



Gambar 12. Motor servo

4.4. DFPlayer Mini



Gambar 13. DFPlayer Mini

Alat yang digunakan untuk memberikan notifikasi pada sistem tempat sampah ini adalah module DFPlayer Mini. Alat ini terhubung

dengan sensor luar dan sensor dalam yang akan memberikan notifikasi berupa audio voice ketika ada objek yang dideteksi oleh sensor luar untuk membuang sampah dan module ini juga akan memberikan notifikasi ketika sensor dalam mendeteksi kapasitas sampah didalam tempat sampah sudah penuh.

4.5. Speaker



Gambar 14. Speaker buzzer 8 ohm

Pada perancangan tempat sampah ini speaker digunakan untuk mengkonversi audio voice dari DFPlayer Mini menjadi gelombang suara agar dapat terdengar jelas oleh orang ketika membuang sampah ataupun ketika kapasitas sampah pada tempat sampah penuh.

4.6. Penerapan Logika Fuzzy

Penerapan logika fuzzy pada sistem ini menggunakan tahap Fuzzifikasi yaitu konversi masukan numerik menjadi variabel linguistik atau fuzzy. Sistem ini menerapkan logika fuzzy sederhana yang berfungsi untuk membuka dan menutup pintu tempat sampah berdasarkan tingkat level sampah yang terdeteksi oleh dua sensor yang terpasang. Hal ini melibatkan tiga konsep utama yaitu:

4.6.1. Atribut Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy terkait dengan tingkat sampah yang diukur oleh sensor kapasitas. Atribut himpunan fuzzy yang digunakan adalah “Tinggi,” “Sedang,” “Rendah,” “Sangat Rendah” dan “Kosong.” Himpunan ini merepresentasikan kategori level sampah berdasarkan jarak yang diukur oleh sensor kapasitas.

4.6.2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah fungsi matematis yang menentukan sejauh mana suatu nilai masukan termasuk dalam suatu himpunan fuzzy. Fungsi keanggotaan diterapkan pada

variabel distance, yang merupakan hasil pembacaan jarak dari sensor kapasitas. Fungsi keanggotaan dapat didefinisikan sebagai fungsi matematis untuk setiap himpunan fuzzy. Dalam hal ini, terdapat lima fungsi keanggotaan, masing-masing untuk himpunan “Tinggi”, “Sedang”, “Rendah”, “Sangat Rendah” dan “Kosong”.

4.6.3. Derajat Keanggotaan

Derajat keanggotaan adalah nilai antara 0 dan 1 yang menunjukkan sejauh mana suatu nilai masukan termasuk dalam suatu himpunan fuzzy. Setiap fungsi keanggotaan akan memberikan nilai derajat keanggotaan berdasarkan jarak yang diukur. Fuzzifikasi terjadi pada fungsi fuzzyLogic(int distance). Fungsi ini mengubah input yang diberikan yaitu jarak yang diukur oleh sensor kapasitas menjadi tingkat keanggotaan dalam himpunan fuzzy yang direpresentasikan sebagai tingkat sampah. Berikut adalah representasinya:

```
int fuzzyLogic(int distance) {
    // Fungsi keanggotaan untuk variabel
    masukan "distance"
    double tinggi = 0, sedang = 0, rendah
    = 0, sangatRendah = 0, kosong = 0;
    // Menentukan derajat keanggotaan
    untuk setiap himpunan fuzzy
    if (distance <= 10) {
        sangatRendah = 1.0;
    } else if (distance <= 20) {
        sangatRendah = (20 - distance) /
        10.0;
        rendah = (distance - 10) / 10.0;
    } else if (distance <= 30) {
        rendah = (30 - distance) / 10.0;
        sedang = (distance - 20) / 10.0;
    } else if (distance <= 40) {
        sedang = (40 - distance) / 10.0;
        tinggi = (distance - 30) / 10.0;
    } else {
        kosong = 1.0;
    }
    // Mengembalikan hasil pemetaan atau
    klasifikasi
    double maxVal = tinggi;
    if (sedang > maxVal) maxVal = sedang;
    if (rendah > maxVal) maxVal = rendah;
    if (sangatRendah > maxVal) maxVal =
    sangatRendah;
    if (kosong > maxVal) maxVal = kosong;

    return static_cast<int>(maxVal * 100);
}
```

Gambar 10. Potongan kode program yang menerapkan logika fuzzy pada *smart trash bin*

Potongan kode pada Gambar 10 adalah implementasi sederhana dari pemetaan fuzzy atau klasifikasi berdasarkan nilai variabel masukan “distance” ke dalam himpunan fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah penjelasan proses kinerjanya:

a. Inisialisasi Variabel

Variabel-variabel ‘tinggi’, ‘sedang’, ‘rendah’, ‘sangatRendah’, dan ‘kosong’ digunakan untuk menyimpan derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan fuzzy.

b. Fungsi Keanggotaan

Derajat keanggotaan untuk setiap himpunan fuzzy dihitung berdasarkan nilai variabel masukan “distance”. Ini dilakukan dengan menentukan seberapa dekat nilai “distance” terhadap batas-batas setiap himpunan fuzzy.

c. Pemetaan atau Klasifikasi

Nilai maksimum dari derajat keanggotaan dari semua himpunan fuzzy dihitung. Dalam kodingan ini, variabel ‘maxVal’ digunakan untuk menyimpan nilai maksimum tersebut.

d. Mengembalikan Hasil

Nilai maksimum tersebut dikalikan dengan 100 (untuk mengonversi nilai fuzzy menjadi nilai konkret) dan dikembalikan sebagai hasil dari fungsi ‘fuzzyLogic’. Pertama, nilai pembagian sensor kapasitas pada kodingan diatas dinyatakan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pembagian sensor kapasitas sampah

No.	Nilai Sensor	Keterangan	Kategori
1.	40 – 50 cm	Level sampah 0%	Kosong
2.	30 – 40 cm	Level sampah 25%	Sangat rendah
3.	20 – 30 cm	Level sampah 50%	Rendah
4.	10 – 20 cm	Level sampah 75%	Sedang
5.	1 – 10 cm	Level sampah 100%	Tinggi

Selanjutnya, dinyatakan derajat keanggotaan himpunan fuzzy adalah 0 dan 1, dengan 0(nol) = bukan merupakan anggota himpunan dan, 1(satu) = nilai tersebut adalah anggota himpunan fuzzy. Fungsi fuzzyLogic diimplementasikan untuk mengembalikan tingkat sampah berdasarkan jarak sensor kapasitas. Ini sesuai dengan konsep logika fuzzy di mana tingkat sampah dibagi ke dalam

kategori (Tinggi, Sedang, Rendah, Sangat Rendah, dan Kosong) berdasarkan jarak.

4.7. Pengujian Sistem

Pengujian bertujuan untuk mengevaluasi apakah sistem yang dikembangkan dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan [12]. Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah semua alat komponen perangkat keras yang telah dirancang dapat bekerja atau berfungsi dengan baik sebagaimana yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras meliputi blok-blok rangkaian perangkat keras yang telah dirancang dan pengujian terhadap gabungan dari beberapa blok-blok rangkaian perangkat keras yang telah dirancang. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan yaitu Pengujian Sensor Ultrasonik, Motor Servo, DFPlayer Mini dan Speaker.

Tabel 3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Alat	Skenario Uji	Yang Diharapkan	Ket.
Sensor Ultra-sonik Luar	Deteksi objek jarak < 50 cm	Dapat mendeteksi objek dari jarak yang ditentukan	Berhasil
Sensor Ultra-sonik Dalam	Deteksi level kapasitas sampah	Dapat mendeteksi kapasitas sampah berdasarkan level	Berhasil

Tabel 4. Pengujian Motor Servo

Alat	Skenario Uji	Yang Diharapkan	Ket.
Motor Servo	Buka tutup tempat sampah	Dapat membuka dan menutup tempat sampah	Berhasil

Tabel 5. Pengujian DFPlayer Mini

Alat	Skenario Uji	Yang Diharapkan	Ket.
DFPlayer Mini	Memutar audio sebagai notifikasi sistem	Dapat memberikan notifikasi audio ketika sistem beroperasi	Berhasil

Tabel 6. Pengujian Speaker Buzzer 8 ohm

Alat	Skenario Uji	Yang Diharapkan	Ket.
------	--------------	-----------------	------

Speaker Buzzer 8 ohm	Meng-konversi audio dari DFPlayer Mini	Dapat mengkonversi audio dari DFPlayer mini menjadi suara sehingga notifikasinya dapat terdengar jelas	Berhasil
----------------------	--	--	----------

Hasil pengujian sistem Smart Trash Bin menunjukkan kinerja yang memuaskan pada setiap komponen yang diuji. Sensor ultrasonik luar berhasil mendeteksi objek dengan jarak kurang dari 50 cm, sedangkan sensor ultrasonik dalam berhasil mengukur level kapasitas sampah secara akurat. Motor servo berfungsi dengan baik dalam membuka dan menutup tempat sampah sesuai instruksi sistem. DFPlayer Mini dapat memutar audio sebagai notifikasi sistem, dan speaker buzzer 8 ohm mampu mengkonversi audio dari DFPlayer Mini dengan jelas. Hasil ini menunjukkan bahwa semua komponen sistem bekerja dengan baik dan siap digunakan dalam lingkungan SDN 5 Mawasangka, Buton Tengah, memastikan keberhasilan implementasi *Smart Trash Bin* untuk meningkatkan kesadaran dan partisipasi anak-anak dalam menjaga kebersihan lingkungan.

5. KESIMPULAN

- Semua komponen sistem untuk *Smart Trash Bin* mampu beroperasi sesuai dengan yang diharapkan, termasuk sensor ultrasonik, motor servo, DFPlayer Mini, dan speaker buzzer. Dengan demikian, *Smart Trash Bin* dapat diandalkan untuk memantau dan mengelola sampah dengan efektif, memberikan umpan balik audio yang jelas kepada pengguna, serta membuka dan menutup tutup sampah secara otomatis.
- Penggunaan teknologi yang interaktif dan menarik, seperti *Smart Trash Bin*, dapat menjadi sarana efektif untuk mengajarkan nilai-nilai lingkungan kepada anak-anak sejak dini. Dengan demikian,

penelitian ini memberikan kontribusi positif dalam upaya meningkatkan kebersihan lingkungan sekolah dan mengajarkan perilaku yang bertanggung jawab terhadap lingkungan di kalangan generasi muda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini, utamanya pihak dari SD Negeri 5 Mawasangka, Buton Tengah, Sulawesi Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. P. Perdana and T. Wellem, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Kontrol Untuk Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Arduino Dan Sensor Ultrasonik," *IT-Explore J. Penerapan Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 2, no. 2, pp. 104–117, 2023, doi: 10.24246/itexplore.v2i2.2023.pp104-117.
- [2] Muhammad Arif Maula Nabil, "Kotak Sampah Pintar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," 2018.
- [3] N. Kristanti, S. Samsugi, A. Surahman, R. F. Pratama, and R. I. Adam, "Penerapan Sensor Ultrasonik Pada Kotak Sampah Otomatis Menggunakan Telegram Dan Alarm Suara," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 67–78, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2347.
- [4] Sarimuddin, *Cara Mudah Kuasai Mikrokontroler Arduino Teori Dan Praktek*, vol. 1, no. 1. Purbalingga: EUREKA MEDIA AKSARA, 2023.
- [5] I. P. Ningrum, M. Muchtar, R. A. Saputra, A. M. Sajiah, S. R. Harati, and H. Jaya, "Fuzzy Logic Methods to Identify Potential Area Mapping for Mangrove Forests in Kendari using Landsat Image," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Jun. 2020, vol. 797, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/797/1/012019.
- [6] A. Aldi, "Rancang Bangun Sistem Kendali Intensitas Cahaya Lampu Ruangan Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 178–185, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3642.
- [7] J. Y. Sari, M. Muchtar, M. Zarkasi, and A. Z. Arifin, "Similarity Based Entropy on Feature Selection for High Dimensional Data Classification," *J. Ilmu Komput. dan Inf.*, vol.

- 7, no. 2, pp. 101–107, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.21609/jiki.v7i2.263>.
- [8] Siswanto, Ikin Rojikin, and Windu Gata, “Pemanfaatan Sensor Suhu DHT-22, Ultrasonik HC-SR04 Untuk Mengendalikan Kolam Dengan Notifikasi Email,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 3, pp. 544–551, 2019, doi: 10.29207/resti.v3i3.1334.
- [9] W. T. Sardi, N. Miftachurohmah, S. Sarimuddin, and N. Nasruddin, “Sistem Pengamanan Dan Peringatan Dini Kebakaran Rumah Berbasis Internet of Things (Singa Keriting),” *Stain. (Seminar Nas. Teknol. Sains)*, vol. 2, no. 1, pp. 329–336, 2023, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/stains/article/view/2843>
- [10] D. Hastuti *et al.*, *Buku Ajar Pengantar Teknologi Informasi*, 1st ed. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024. [Online]. Available: <https://buku.sonpedia.com/2024/02/buku-ajar-pengantar-teknologi-informasi.html>
- [11] K. Fatmawati, E. Sabna, and Y. Irawan, “Design of a Smart Trash Can Using an Arduino Microcontroller-Based Proximity Senso,” *Riau J. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 124–134, 2020.
- [12] M. Muchtar and R. A. Muchtar, “Perbandingan Metode KNN dan SVM Dalam Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra HSV dan Fitur Statistik,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, pp. 876–884, 2024.