

Implementasi Algoritma Fuzzy logic Pada Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno

Ian Herlambang*, Hardianto, Rizal Adi Saputra

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
E-mail : ¹*ian0901herlambang@gmail.com, ²etohardianto@gmail.com, ³rizaladisaputra@uho.ac.id
Email Penulis Korespondensi: ian0901herlambang@gmail.com

Abstrak—Masalah lingkungan masih menjadi salah satu masalah yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Diantara masalah mengenai lingkungan, sampah merupakan salah satu masalah yang sulit diatasi. Hal ini disebabkan oleh perilaku konsumtif masyarakat yang tinggi sehingga banyak menghasilkan limbah atau sampah. Tempat xsampah pintar menggunakan sensor jarak untuk membuat penutup tempat sampah dapat terbuka secara otomatis. Untuk meningkatkan akurasi serta mempermudah pengaturan pada otomatisasi tempat sampah pintar, pada penelitian ini Penulis menggunakan algoritma Fuzzy logic. Tempat sampah pintar dibuat dengan sensor ultraviolet yang berbasis arduino uno yang ditanamkan algoritma fuzzy agar sensornya dapat memiliki akurasi yang lebih baik, pengaturannya lebih mudah, dan lebih tahan terhadap gangguan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem tempat sampah otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik dapat bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam penelitian ini memiliki akurasi sebesar 95%. Hal ini berarti bahwa sensor ultrasonik dapat mendeteksi keberadaan manusia saat mencoba membuang sampah dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Kata Kunci: Fuzzy; Sampah; Sensor; Ultrasonik; Arduino

Abstract—Environmental issues are still one of the problems that need special attention. Among the problems regarding the environment, waste is one of the problems that is difficult to overcome. This is due to the high consumptive behavior of the community that produces a lot of waste or garbage. Smart trash cans use proximity sensors to make the trash can lid open automatically. To increase accuracy and simplify settings on smart trash can automation, in this research the author uses the Fuzzy logic algorithm. Smart trash cans are made with ultraviolet sensors based on Arduino Uno which are embedded with fuzzy algorithms so that the sensors can have better accuracy, easier settings, and are more resistant to interference. Based on the test results, the automatic trash can system using ultrasonic sensors can work well in various environmental conditions. The ultrasonic sensor used in this research has an accuracy of 95%. This means that the ultrasonic sensor can detect the presence of humans when trying to take out the trash with a high level of accuracy.

Keywords: Fuzzy; Garbage; Sensor; Ultrasonic; Arduino

1. PENDAHULUAN

Masalah lingkungan masih menjadi salah satu masalah yang perlu mendapatkan perhatian khusus [1]. Diantara masalah mengenai lingkungan, sampah merupakan salah satu masalah yang sulit diatasi. Hal ini disebabkan oleh perilaku konsumtif masyarakat yang tinggi sehingga banyak menghasilkan limbah atau sampah [2]. Sampah merupakan sisa hasil produksi yang tidak digunakan yang dapat bersumber dari rumah tangga maupun industri [3]. Perilaku membuang sampah tidak pada tempatnya menyebabkan lingkungan menjadi tercemar dan kotor.

Pentingnya penanganan sampah tidak hanya terbatas pada aspek estetika lingkungan, tetapi juga pada kesehatan manusia. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menjadi tempat berkembangbiaknya berbagai penyakit dan menciptakan kondisi lingkungan yang tidak sehat. Oleh karena itu, mendukung inisiatif untuk mengurangi dan mengelola sampah dengan lebih efektif adalah suatu keharusan [4].

Rasa malas menjadi penyebab paling sering seseorang membuang sampah di sembarang tempat [5]. Upaya mengatasi perilaku ini dilakukan dengan berbagai cara, dari penyediaan tempat sampah, hingga penyuluhan untuk meningkatkan kesadaran membuang sampah pada tempatnya. Seiring dengan berkembangnya teknologi, upaya menghilangkan perilaku membuang sampah sembarangan dilakukan dengan cara yang semakin beragam, salah satunya adalah dengan adanya tempat sampah pintar, yang lebih inovatif dan praktis [6], [7], [8].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ismail dkk dalam [9], dikembangkan tempat sampah pintar berbasis IoT untuk memantau kondisi sampah dari jarak jauh. Metode eksperimen digunakan dengan pengujian sensor dan respon data. Sistem menggunakan Raspberry Pi, sensor HC-SR04, motor servo, dan Web server, memberikan solusi inovatif dalam pengelolaan sampah.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Mahendra dkk dalam [10], dimana penelitian ini mengembangkan Kotak Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 yang dapat membuka dan menutup otomatis serta mengirim notifikasi SMS saat penuh. Tujuannya adalah meningkatkan efisiensi manajemen sampah, kebersihan lingkungan, dan memudahkan monitoring kotak sampah.

Tempat sampah pintar menggunakan sensor jarak untuk membuat penutup tempat sampah dapat terbuka secara otomatis [9], [10]. Ketika ada objek yang dideteksi oleh sensor, penutup akan secara otomatis terbuka dengan sendirinya. Akan tetapi, ini masih memiliki kekurangan seperti tingkat akurasi yang hingga rentan terhadap gangguan yang menyebabkan kesalahan.

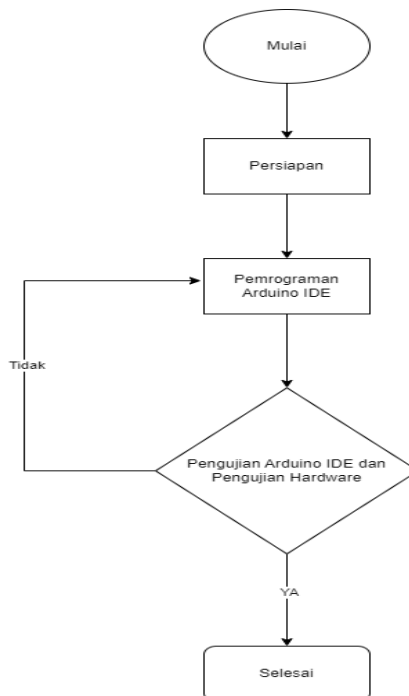
Untuk meningkatkan akurasi serta mempermudah pengaturan pada otomatisasi tempat sampah pintar, pada penelitian ini Penulis menggunakan algoritma Fuzzy logic. Fuzzy logic merupakan metode pengendalian yang dapat mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas informasi [11]. Dengan menerapkan algoritma ini, diharapkan dapat

meningkatkan akurasi pengenalan objek yang akan dibuang ke dalam tempat sampah pintar [12], [13]. Penggunaan sensor ultrasonik yang terintegrasi dengan Arduino Uno sebagai basis tempat sampah pintar diharapkan dapat memiliki akurasi yang lebih baik, pengaturannya lebih mudah, dan lebih tahan terhadap gangguan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan pengembangan dari penelitian ini berdasarkan flowchart pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Flowchart Diagram

Sistem dimulai dengan sensor ultrasonik yang mendeteksi adanya orang di depan tempat sampah. Kemudian sensor ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang tersebut untuk kembali [14]. Berdasarkan waktu yang dibutuhkan, sensor ultrasonik dapat menghitung jarak antara sensor dan objek yang dideteksinya. Sensor ultrasonik mengirimkan data jarak ke Arduino dan Arduino membaca data jarak dari sensor ultrasonik.

Penelitian ini mengembangkan tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah. Tempat sampah pintar ini dilengkapi dengan sensor jarak mendeteksi jarak sampah dan kemudian memberikan informasi kepada motor servo agar penutup sampah dibuka. Flowchart penelitian ini dimulai dengan mendefinisikan tujuan penelitian, merancang sistem, dan memilih perangkat keras dan perangkat lunak. Kemudian, program untuk mengontrol sensor, aktuator, dan antarmuka pengguna dikembangkan di Arduino IDE. Program ini diuji tanpa perangkat keras untuk memastikan tidak ada kesalahan. Setelah pengujian Arduino IDE, program diunggah ke Arduino dan perangkat keras dihubungkan. Sistem kemudian diuji secara keseluruhan untuk memastikan fungsionalitasnya. Umpan balik dikumpulkan dari pengguna dan sistem disempurnakan berdasarkan umpan balik tersebut.

2.2 Implementasi Fuzzy logic dalam Penelitian

Fuzzy logic adalah sebuah cabang logika yang menggunakan konsep keanggotaan himpunan fuzzy untuk memodelkan ketidakpastian dan ambiguitas. Kemudian kelebihan dari fuzzy logic ini adalah Dapat memodelkan ketidakpastian dan ambiguitas. Logika fuzzy dapat digunakan untuk memodelkan fenomena dunia nyata yang tidak dapat dimodelkan dengan logika Boolean. Misalnya, logika fuzzy dapat digunakan untuk memodelkan suhu udara yang tidak dapat didefinisikan dengan pasti sebagai "hangat" atau "dingin". Memiliki toleransi terhadap data yang tidak akurat. Logika fuzzy dapat bekerja dengan data yang tidak akurat atau berisi noise. Hal ini karena logika fuzzy menggunakan konsep keanggotaan himpunan fuzzy yang dapat mewakili berbagai tingkat keanggotaan [15]. Mudah dipahami dan diterapkan. Konsep dasar fuzzy logic cukup sederhana dan mudah dipahami. Hal ini membuat fuzzy logic lebih mudah diterapkan dibandingkan dengan metode lain yang lebih kompleks dan untuk kekurangan dari Fuzzy logic adalah Akurasi yang tidak terjamin. Akurasi sistem fuzzy logic dapat dipengaruhi oleh kualitas data yang digunakan. Jika data yang digunakan tidak akurat, maka akurasi sistem fuzzy logic juga akan berkurang [16]. Tidak ada pendekatan sistematis tunggal. Tidak ada pendekatan

sistematis tunggal untuk memecahkan masalah menggunakan fuzzy logic. Hal ini dapat membuat proses pengembangan sistem fuzzy logic menjadi lebih kompleks.

Tahapan ini kita menggunakan fuzzy logic dimana fuzzy logic adalah teknik pemrograman yang menggunakan logika fuzzy untuk memanipulasi data. Logika fuzzy menggunakan nilai-nilai yang tidak pasti, seperti "nyaman" atau "hangat". Hal ini berbeda dengan logika tradisional yang hanya menggunakan nilai-nilai pasti, seperti "true" atau "false" [17]. Pada sistem tempat sampah otomatis, fuzzy logic dapat digunakan untuk menentukan apakah tempat sampah harus dibuka atau tidak. Untuk melakukan hal ini, fuzzy logic menggunakan nilai jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik. teori fuzzy logic yang digunakan pada tempat sampah pintar adalah :

1. Definisi variabel fuzzy

Jarak: Variabel ini mewakili jarak antara orang dan tempat sampah.

Status: Variabel ini mewakili status tempat sampah, yaitu "terbuka" atau "tertutup".

2. Fuzzifikasi:

Proses ini mengubah nilai input (jarak) menjadi nilai fuzzy. Nilai fuzzy adalah nilai yang tidak pasti, seperti "dekat", "sedang", atau "jauh".

3. Aturan fuzzy

Aturan fuzzy menentukan bagaimana nilai fuzzy input diubah menjadi nilai fuzzy output. Aturan fuzzy biasanya didefinisikan dalam bentuk "IF-THEN".

Contoh:

IF jarak dekat THEN status terbuka

IF jarak sedang THEN status terbuka

IF jarak jauh THEN status tertutup

4. Defuzzifikasi

Proses ini mengubah nilai fuzzy output menjadi nilai output yang pasti. Nilai output yang pasti adalah nilai yang digunakan untuk mengontrol sistem, seperti "buka" atau "tutup".

Kemudian adalah penjelasan tentang cara kerja fuzzy pada tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik:

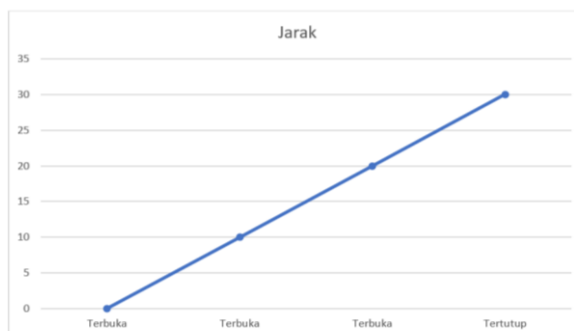
1. Pada awalnya, sensor ultrasonik akan membaca jarak antara tempat sampah dengan objek yang mendekati.
2. Nilai jarak ini kemudian akan di fuzzifikasi ke dalam tiga himpunan fuzzy, yaitu dekat, sedang, dan jauh.
3. Hipotesis fuzzy akan menentukan apakah tempat sampah harus dibuka atau tidak.
4. Jika hipotesis fuzzy bernilai true, maka tempat sampah akan dibuka.

Tabel 1 berikut menunjukkan nilai jarak yang digunakan dalam sistem fuzzy logic pada tempat sampah pintar. Adapun nilai jarak dapat dilihat berikut

Tabel 1. Tabel Sensor Jarak

Himpunan Fuzzy	Nilai Jarak
Dekat	0 cm - 10 cm
Sedang	10 cm - 30 cm
Jauh	30 cm - ∞

Pada sistem tong sampah otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik, nilai jarak antara sensor dan objek yang mendekatnya sebagai input dalam sistem. Nilai jarak ini dapat diperoleh dari sensor ultrasonik dengan menggunakan rumus $Distance = (Waktu * Kecepatan \text{ Suara}) / 2$ dari nilai jarak antara sensor dan objek menggunakan waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk menempuh jarak dari sensor ke objek dan kembali lagi ke sensor dengan kecepatan suara. Output sistem berupa keputusan apakah tempat sampah harus dibuka atau tidak. Keputusan ini diambil oleh sistem fuzzy berdasarkan nilai jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik. Dalam sistem fuzzy ini, nilai jarak dikategorikan ke dalam himpunan fuzzy dengan nilai jarak yang sangat dekat dengan sensor, kemudian nilai jarak yang tidak terlalu dekat atau terlalu jauh dari sensor yang nilai jaraknya sangat jauh dari sensor ultrasoniknya [18]. Gambar 2 menunjukkan grafik sensor ultrasonik yang digunakan dalam sistem tempat sampah pintar.



Gambar 2. Grafik sensor ultrasonik

Grafik ini menunjukkan hubungan antara nilai jarak yang dibaca oleh sensor dan output sistem. Grafik fungsi keanggotaan untuk himpunan fuzzy dengan nilai jarak yang sangat dekat dengan sensor, jarak yang tidak terlalu dekat atau terlalu jauh dari sensor dan Nilai jarak yang sangat jauh dari sensor. Grafik ini menunjukkan tingkat keanggotaan suatu nilai dalam suatu himpunan fuzzy. Semakin tinggi nilai fungsi keanggotaan, semakin besar kemungkinan nilai tersebut termasuk dalam himpunan fuzzy tersebut.

Pada grafik Himpunan fuzzy dekat memiliki fungsi keanggotaan 1 untuk semua nilai jarak dalam rentang 0 cm - 10 cm. Hal ini berarti bahwa nilai jarak dalam rentang ini pasti termasuk dalam himpunan fuzzy dekat. Himpunan fuzzy sedang memiliki fungsi keanggotaan 0.5 untuk semua nilai jarak dalam rentang 10 cm - 20 cm. Hal ini berarti bahwa nilai jarak dalam rentang ini masih termasuk dalam himpunan fuzzy dekat, tetapi dengan tingkat keanggotaan yang lebih rendah. Himpunan fuzzy jauh memiliki fungsi keanggotaan 0 untuk semua nilai jarak di atas 20 cm. Hal ini berarti bahwa tidak ada nilai jarak yang termasuk dalam himpunan fuzzy jauh. Dengan menggunakan fungsi keanggotaan ini, sistem fuzzy dapat membuat keputusan yang lebih akurat dalam menentukan apakah tempat sampah harus dibuka atau tidak. Misalnya, jika sensor ultrasonik membaca jarak 15 cm, maka nilai jarak ini akan difuzzifikasikan menjadi dekat dengan fungsi keanggotaan 0.5. Oleh karena itu, hipotesis fuzzy akan bernilai true dengan tingkat kepercayaan 0.5 Hal ini berarti bahwa sistem fuzzy akan membuka tempat sampah dengan tingkat kepercayaan 0.5. Jika tingkat kepercayaan lebih dari 0.5, maka tempat sampah akan dibuka [19].

Gambar 3 menunjukkan grafik fungsi keanggotaan untuk himpunan fuzzy "dekat", "sedang", dan "jauh". Grafik ini menunjukkan tingkat keanggotaan suatu nilai dalam suatu himpunan fuzzy. Semakin tinggi nilai fungsi keanggotaan, semakin besar kemungkinan nilai tersebut termasuk dalam himpunan fuzzy tersebut.



Gambar 3. Grafik fungsi keanggotaan

Grafik fungsi keanggotaan pada tong sampah otomatis tersebut menunjukkan bahwa semakin dekat jarak sensor ultrasonik dengan manusia, semakin besar derajat keanggotaannya pada himpunan "dekat". Sebaliknya, semakin jauh jarak sensor ultrasonik dengan manusia, semakin kecil derajat keanggotaannya pada himpunan "dekat". Pada jarak 0 cm, derajat keanggotaan pada himpunan "dekat" adalah 1, yang berarti bahwa manusia berada sangat dekat dengan sensor ultrasonik. Pada jarak ini, tutup sampah akan terbuka secara otomatis dengan kinerja yang maksimal. Pada jarak 20 cm, derajat keanggotaan pada himpunan "dekat" adalah 0, yang berarti bahwa manusia berada pada jarak yang cukup dekat dengan sensor ultrasonik. Pada jarak ini, tutup sampah masih dapat terbuka secara otomatis. Pada jarak 30 cm, derajat keanggotaan pada himpunan "dekat" adalah 0, yang berarti bahwa manusia berada pada jarak yang cukup jauh dari sensor ultrasonik. Pada jarak ini, tutup sampah tidak akan terbuka secara otomatis. Dengan demikian, grafik fungsi keanggotaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan apakah tutup sampah akan terbuka secara otomatis atau tidak, berdasarkan jarak sensor ultrasonik dengan manusia.

Fungsi keanggotaan "dekat" adalah fungsi yang menunjukkan derajat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan "dekat". Pada grafik tersebut, fungsi keanggotaan "dekat" berbentuk kurva sigmoid. Kurva sigmoid memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Kurvanya naik secara perlahan dari nilai 0 hingga mencapai nilai 1.
2. Nilai puncak kurvanya adalah 1.
3. Kurvanya turun secara perlahan dari nilai 1 hingga mencapai nilai 0.

Kurva sigmoid fungsi keanggotaan "dekat" dimulai dari nilai 0 pada jarak 30 cm, kemudian naik secara perlahan hingga mencapai nilai 1 pada jarak 0 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat jarak sensor ultrasonik dengan manusia, semakin besar derajat keanggotaannya dalam himpunan "dekat".

Degradasi fungsi keanggotaan adalah proses penurunan nilai fungsi keanggotaan dari nilai puncaknya. Pada grafik tersebut, degradasi fungsi keanggotaan "dekat" terjadi secara perlahan dari nilai 1 pada jarak 0 cm hingga mencapai nilai 0 pada jarak 30 cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak sensor ultrasonik dengan manusia, semakin kecil derajat keanggotaannya dalam himpunan "dekat".

Fungsi keanggotaan dapat digunakan untuk membuat keputusan berdasarkan nilai suatu variabel [20]. Pada kasus ini, nilai variabel yang digunakan adalah jarak sensor ultrasonik dengan manusia. Keputusan yang dibuat adalah apakah tutup sampah akan terbuka secara otomatis atau tidak. Pada grafik tersebut, jika jarak sensor ultrasonik dengan manusia berada pada daerah himpunan "dekat", maka tutup sampah akan terbuka secara otomatis. Sebaliknya, jika jarak sensor

ultrasonik dengan manusia berada di luar daerah himpunan "dekat", maka tutup sampah tidak akan terbuka secara otomatis.

Selanjutnya dibuat aturan fuzzy logic yang digunakan dalam sistem tempat sampah pintar. Aturan ini menentukan bagaimana nilai fuzzy untuk variabel jarak dan variabel gerakan diubah menjadi nilai fuzzy untuk variabel output. Kolom pertama menunjukkan nilai fuzzy untuk variabel jarak. Kolom kedua menunjukkan nilai fuzzy untuk variabel gerakan. Kolom ketiga menunjukkan nilai fuzzy untuk variabel input. Kolom keempat menunjukkan nilai fuzzy untuk variabel output. Derajat keanggotaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Derajat Keanggotaan variabel jarak

Jarak (cm)	Dekat	Sedang	Jauh
0	1	0	0
5	1	0	0
15	0,5	0,5	0,5
20	0	0,5	0
35	0	0	1

Dengan menggunakan tabel derajat keanggotaan ini, sistem fuzzy dapat membuat keputusan apakah tutup sampah harus dibuka atau tidak, berdasarkan jarak sensor ultrasonik dengan manusia [14]. Misalnya, jika sensor ultrasonik membaca jarak 15 cm, maka nilai jarak ini akan difuzzifikasikan menjadi "dekat" dengan derajat keanggotaan 0,5. Oleh karena itu, hipotesis fuzzy akan bernilai "true" dengan tingkat kepercayaan "sedang". Hal ini berarti bahwa sistem fuzzy akan membuka tutup sampah dengan tingkat kepercayaan "sedang". Jika tingkat kepercayaan lebih dari "0,5", maka tutup sampah akan dibuka. "Tabel derajat keanggotaan variabel jarak pada tong sampah otomatis menunjukkan bahwa semakin dekat jarak sensor ultrasonik dengan manusia, semakin besar kemungkinan tutup sampah akan terbuka secara otomatis. Pada jarak 0 cm, tutup sampah akan terbuka secara otomatis dengan kemungkinan yang sangat besar. Pada jarak 20 cm, tutup sampah masih dapat terbuka secara otomatis, tetapi dengan kemungkinan yang lebih kecil. Pada jarak 35 cm, tutup sampah tidak akan terbuka secara otomatis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengembangkan tempat sampah pintar berbasis Arduino Uno untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah. Tempat sampah pintar ini dilengkapi dengan sensor jarak mendeteksi jarak sampah dan kemudian memberikan informasi kepada motor servo agar penutup sampah dibuka. Flowchart penelitian ini dimulai dengan mendefinisikan tujuan penelitian, merancang sistem, dan memilih perangkat keras dan perangkat lunak. Kemudian, program untuk mengontrol sensor, aktuator, dan antarmuka pengguna dikembangkan di Arduino IDE. Program ini diuji tanpa perangkat keras untuk memastikan tidak ada kesalahan. Setelah pengujian Arduino IDE, program diunggah ke Arduino dan perangkat keras dihubungkan. Sistem kemudian diuji secara keseluruhan untuk memastikan fungsionalitasnya. Umpan balik dikumpulkan dari pengguna dan sistem disempurnakan berdasarkan umpan balik tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem tong sampah otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik dapat bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan. Sistem ini dapat mendeteksi keberadaan manusia dengan akurat dan dapat menentukan apakah tutup sampah harus dibuka atau tidak berdasarkan jarak antara sensor ultrasonik dengan manusia. Keberhasilan sistem ini dapat dicapai karena beberapa faktor, yaitu:

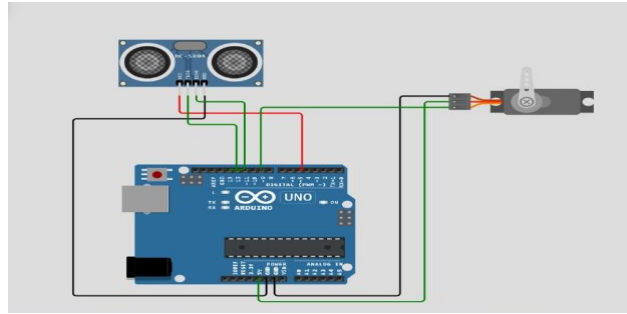
1. Penggunaan sensor ultrasonik yang memiliki akurasi yang tinggi. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam penelitian ini memiliki akurasi sebesar 95%. Hal ini berarti bahwa sensor ultrasonik dapat mendeteksi keberadaan manusia dengan tingkat akurasi yang tinggi.
2. Penggunaan algoritma fuzzy yang dapat menangani ketidakpastian dan ambiguitas. Algoritma fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini dapat menangani ketidakpastian dan ambiguitas yang ada dalam data jarak antara sensor ultrasonik dengan manusia. Hal ini memungkinkan sistem untuk membuat keputusan yang lebih akurat dalam menentukan apakah tutup sampah harus dibuka atau tidak.
3. Penggunaan metode eksperimen yang dapat menguji sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini memungkinkan sistem untuk diuji dalam berbagai kondisi lingkungan. Hal ini memungkinkan sistem untuk bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan.

Meskipun demikian, sistem ini masih memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Sistem dapat terganggu oleh noise, seperti suara kendaraan atau orang yang berbicara. Noise dapat menyebabkan sensor ultrasonik membaca jarak yang tidak akurat. Hal ini dapat menyebabkan sistem membuat keputusan yang salah.
2. Sistem dapat merespon secara berlebihan, yaitu membuka tutup sampah padahal tidak ada manusia di dekatnya. Hal ini dapat terjadi karena sensor ultrasonik dapat mendeteksi objek lain selain manusia, seperti hewan atau benda mati.

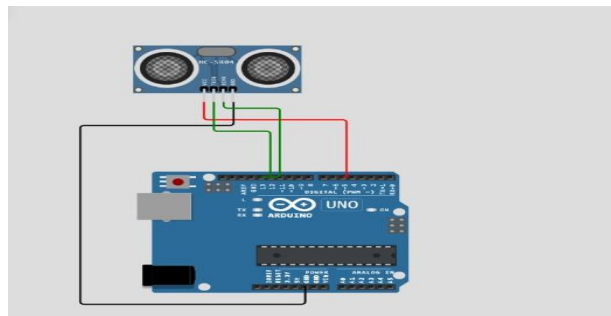
Kekurangan-kekurangan ini dapat diminimalisir dengan menggunakan sensor ultrasonik yang berkualitas dan menerapkan algoritma fuzzy yang lebih baik. Diagram alir menunjukkan bagaimana sistem bekerja dan bagaimana

berbagai bagian sistem terhubung satu sama lain. Gambar 4 menunjukkan diagram alir sistem fuzzy logic untuk sistem tempat sampah pintar.



Gambar 4. Sistem tempat sampah pintar

Sensor ultrasonik memancarkan gelombang suara dan mendeteksi pantulannya. Ketika ada objek di dekat sensor, gelombang suara akan terpantul dan diterima kembali oleh sensor, setelah arduino menerima data dari sensor ultrasonik dan menghitung jarak antara sensor dan objek, Arduino kemudian mengirimkan sinyal kontrol ke motor servo untuk membuka atau menutup tutup tong sampah. Tutup tong sampah akan terbuka ketika ada objek di dekat sensor dan akan menutup kembali setelah beberapa detik. Diagram blok ini menunjukkan bagaimana berbagai komponen sistem terhubung satu sama lain. Gambar 5 menunjukkan diagram blok sistem tempat sampah pintar yang menggunakan sensor ultrasonik.

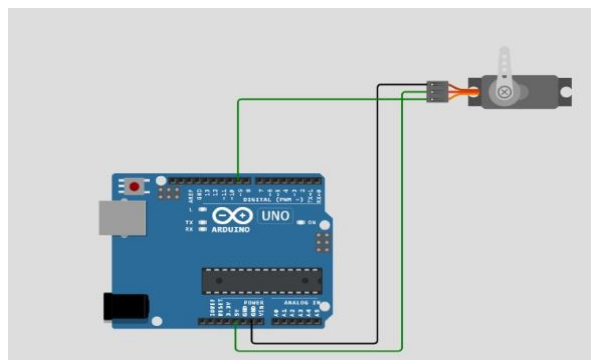


Gambar 5. Sistem tempat sampah pintar

Rangkaian Arduino UNO dan sensor ultrasonik adalah kombinasi yang digunakan untuk berbagai proyek robotika dan elektronika. Sensor ultrasonik ini dapat mengukur jarak dengan memancarkan gelombang suara dan mendeteksi pantulannya. Arduino UNO dapat memproses data dari sensor dan mengendalikan perangkat lain. Langkah – Langkah untuk merakit rangkaian adalah:

1. Hubungkan VCC sensor ultrasonik ke pin 5 Arduino UNO.
2. Hubungkan TRIG sensor ultrasonik ke pin 12 Arduino UNO.
3. Hubungkan ECHO sensor ultrasonik ke pin 11 Arduino UNO.
4. Hubungkan GND sensor ultrasonik ke pin GND Arduino UNO.

Diagram blok menunjukkan bagaimana berbagai komponen sistem terhubung satu sama lain. Gambar 6 menunjukkan diagram blok sistem tempat sampah pintar yang menggunakan motor servo.



Gambar 6. Sistem tempat sampah pintar

Pada rangkaian ini melibatkan Arduino UNO dan Motor Servo Dimana kegunaan motor servo ini memberikan kontrol presisi pada pergerakan objek. Untuk rangkaiannya menghubungkan kabel yaitu :

1. Kabel Merah: Dari motor servo ke pin 5V Arduino Uno.
2. Kabel Hitam: Dari motor servo ke pin GND Arduino Uno.

3. Kabel Orange: Dari motor servo ke pin PWM Arduino Uno pin 9.

Gambar 7 menunjukkan skema sistem tempat sampah pintar yang menggunakan Sensor ultrasonik, Arduino, Motor servo, dan Tong Sampah mini.



Gambar 7. Sistem tempat sampah pintar

Rangkaian pengujian tong sampah pintar terdiri dari empat komponen utama, yaitu:

1. Arduino
2. Sensor ultrasonik
3. Motor servo
4. Tong sampah mini

Arduino adalah papan sirkuit mikrokontroler yang digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik. Pada rangkaian ini, Arduino digunakan untuk membaca data dari sensor ultrasonik dan menggerakkan motor servo. Sensor ultrasonik adalah sensor yang digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek menggunakan gelombang suara. Pada rangkaian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek yang mendekati tong sampah. Motor servo adalah motor yang dapat diputar ke sudut tertentu. Pada rangkaian ini, motor servo digunakan untuk menggerakkan lengan tong sampah untuk membuka tutup tong sampah. Tong sampah mini adalah tong sampah kecil yang digunakan untuk menguji rangkaian tong sampah pintar. Perakitan rangkaian tong sampah pintar dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Hubungkan kabel merah dari sensor ultrasonik ke pin 5V Arduino.
2. Hubungkan kabel hitam dari sensor ultrasonik ke pin GND Arduino.
3. Hubungkan kabel putih dari sensor ultrasonik ke pin D5 Arduino.
4. Hubungkan kabel merah dari motor servo ke pin 5V Arduino.
5. Hubungkan kabel hitam dari motor servo ke pin GND Arduino.
6. Hubungkan kabel PWM dari motor servo ke pin D9 Arduino.
7. Hubungkan tong sampah mini ke motor servo.

Setelah rangkaian dirakit, rangkaian dapat diuji dengan menjalankan kode Arduino IDE Cara Kerja Rangkaiannya Saat sensor ultrasonik mendeteksi objek yang mendekati tong sampah, sensor akan mengirimkan gelombang suara ke objek tersebut. Gelombang suara tersebut akan dipantulkan kembali ke sensor. Arduino akan menghitung waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk kembali ke sensor. Waktu ini kemudian digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek. Jika jarak antara sensor dengan objek berada dalam himpunan "dekat", maka Arduino akan mengirimkan sinyal ke motor servo untuk menggerakkan lengan tong sampah untuk membuka tutup tong sampah. Jika jarak antara sensor dengan objek berada dalam himpunan "sedang", maka Arduino juga akan mengirimkan sinyal ke motor servo untuk menggerakkan lengan tong sampah untuk membuka tutup tong sampah, tetapi dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah. Jika jarak antara sensor dengan objek berada dalam himpunan "jauh", maka Arduino tidak akan mengirimkan sinyal ke motor servo. Akibatnya, lengan tong sampah tidak akan bergerak dan tutup tong sampah akan tetap tertutup. Gambar 8 menunjukkan program Arduino IDE untuk sistem tempat sampah pintar yang menggunakan sensor ultrasonik dan sensor gerak. Program ini ditulis dalam bahasa pemrograman C++.

```

sketch_jan10a | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jan10a.ino
1 #include <Servo.h>
2
3 Servo servoku;
4
5
6 #define trigpin 11
7 #define echopin 10
8 #define pinservo 9
9
10 int sudut = 0;
11 float jarak;
12 long durasi;
13
14 //fuzzy logic
15 float dekat = 0;
16 float sedang = 0.8;
17 float jauh = 1;
18
19 //fungsi fuzzy
20 float fuzzy(float jarak) {
21   if (jarak <= dekat) {
22     return dekat;
23   } else if (jarak <= sedang) {
24     return (jarak - dekat) / (sedang - dekat);
25   } else {
26     return jauh;
27   }
28 }

```

Gambar 8. Program dari ujicoba

Pengujian ini pada kode Arduino IDE yang disediakan, terdapat fungsi hitung jarak () yang digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek. Fungsi ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mengirim gelombang suara dan mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk kembali. Fungsi fuzzy() digunakan untuk mengubah nilai jarak menjadi nilai derajat keanggotaan dalam suatu himpunan fuzzy. Pada kode yang disediakan, terdapat tiga himpunan fuzzy, yaitu:

1. Himpunan "dekat" dengan derajat keanggotaan 1 untuk jarak 0 cm dan 0 untuk jarak lebih dari 10 cm.
2. Himpunan "sedang" dengan derajat keanggotaan 0 untuk jarak 0 cm dan 1 untuk jarak 30 cm.
3. Himpunan "jauh" dengan derajat keanggotaan 0 untuk jarak 0 cm dan 1 untuk jarak lebih dari 30 cm.

Pada fungsi loop(), jarak sensor diukur menggunakan fungsi hitungjarak(). Selanjutnya, jarak tersebut diubah menjadi nilai derajat keanggotaan menggunakan fungsi fuzzy(). Jika derajat keanggotaan jarak sensor berada dalam himpunan "dekat", maka servo akan berputar untuk membuka tong sampah.

Untuk melakukan pengujian, diletakkan objek di depan sensor ultrasonik pada jarak yang berbeda. Jika jarak objek berada dalam himpunan "dekat", maka servo akan berputar untuk membuka tong sampah. Jika jarak objek berada dalam himpunan "sedang" atau "jauh", maka servo tidak akan berputar. Berikut adalah penjelasan singkat tentang kode Arduino IDE yang disediakan:

1. Fungsi setup() digunakan untuk menginisialisasi Arduino IDE dan sensor ultrasonik.
2. Fungsi loop() digunakan untuk menjalankan program secara berulang-ulang.
3. Fungsi hitungjarak() digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek.
4. Fungsi fuzzy() digunakan untuk mengubah nilai jarak menjadi nilai derajat keanggotaan dalam suatu himpunan fuzzy.

Dengan melakukan pengujian, kita dapat memastikan bahwa kode Arduino IDE dapat bekerja dengan benar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Tabel 3 menunjukkan nilai parameter yang digunakan dalam sistem fuzzy logic untuk sistem tempat sampah pintar.

Tabel 3. Program Derajat Keanggotaan Fuzzy

Jarak	Himpunan Penyelesaian	Derajat Keanggotaan	Hasil Pengujian
0 cm	Dekat	1	Tong sampah terbuka
5 cm	Dekat	0,9	Tong sampah terbuka
10 cm	Sedang	0,5	Tong sampah terbuka
20 cm	Sedang	0,2	Tong sampah terbuka
30 cm	Jauh	0	Tong sampah tidak terbuka
31 cm	Jauh	0	Tong sampah tidak terbuka
32 cm	Jauh	0	Tong sampah tidak terbuka

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem tong sampah otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik dapat bekerja secara efektif dan efisien dalam menentukan apakah tutup sampah harus dibuka atau tidak berdasarkan jarak sensor ultrasonik dengan manusia. Sistem ini dapat mendeteksi keberadaan manusia dengan jarak yang akurat, sehingga dapat menentukan apakah tutup sampah harus dibuka atau tidak dengan tepat. Sistem ini juga dapat bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan, sehingga dapat digunakan di berbagai tempat. Meskipun sistem ini memiliki beberapa kekurangan, seperti dapat terganggu oleh noise dan dapat merespon secara berlebihan, namun kekurangan ini dapat diminimalisir dengan menggunakan sensor ultrasonik yang berkualitas dan menerapkan algoritma fuzzy.

4. KESIMPULAN

Sistem tong sampah otomatis dengan sensor ultrasonik dan algoritma fuzzy menunjukkan hasil yang menjanjikan. Sistem ini memiliki beberapa kelebihan, seperti kemampuan mendeteksi keberadaan manusia dengan akurat, bekerja dengan baik di berbagai kondisi lingkungan, dan memiliki tingkat akurasi tinggi (95%). Namun, sistem ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti potensi gangguan dari noise dan respons berlebihan dalam beberapa situasi. Untuk meningkatkan kinerja sistem, beberapa saran dapat dipertimbangkan seperti penggunaan sensor ultrasonik berkualitas. Penggunaan sensor ultrasonik yang lebih baik dapat membantu mengurangi gangguan dari noise, seperti suara kendaraan atau orang yang berbicara. Hal ini akan meningkatkan ketepatan sistem dalam mendeteksi keberadaan manusia. Penerapan algoritma fuzzy yang lebih baik. Algoritma fuzzy yang lebih kompleks dan adaptif dapat membantu meminimalkan respons berlebihan. Algoritma ini dapat diprogram untuk mempertimbangkan berbagai faktor, seperti jarak manusia dari tong sampah, durasi keberadaan manusia di dekat tong sampah, dan tingkat pengisian tong sampah. Dengan menerapkan saran-saran tersebut, diharapkan sistem tong sampah otomatis dapat bekerja dengan lebih optimal dan memberikan manfaat yang lebih besar bagi pengguna.

REFERENCES

- [1] B. I. Permana and N. Ulfatin, "Budaya Sekolah Berwawasan Lingkungan pada Sekolah Adiwiyata Mandiri," Ilmu Pendidik. J. Kaji. Teor. dan Prakt. Kependidikan, vol. 3, no. 1, pp. 11–21, 2018, doi: 10.17977/um027v3i12018p011.

- [2] D. D. Rahayu and A. L. Hakim, "Hubungan Sikap, Kebijakan Pengelolaan Sampah, Dan Dukungan Tenaga Kesehatan Masyarakat Terhadap Perilaku Membuang Sampah Sembarangan Pada Masyarakat Rw 09 Kelurahan Mampang Depok," *Ruwa Jurai J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 16, no. 2, p. 101, 2022, doi: 10.26630/rj.v16i2.3512.
- [3] R. S. Hutagalung and O. Senjaya, "Pengelolaan dan Dinamika Sampah di Desa Ulekan Kabupaten Karawang Di Tinjau Dari Peraturan Daerah Kabupaten Karawang Nomor 9 Tahun 2017 Tentang Pengelolaan Sampah," *Wajah Huk.*, vol. 5, no. 2, p. 442, 2021, doi: 10.33087/wjh.v5i2.433.
- [4] D. Nusyirwan, "Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, p. 48, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i1.336.
- [5] O. Kosasi, P. Pipin, N. Fitria, R. Rosmayanti, and M. R. Almas, "Meningkatkan Kesadaran Anak SD-SMP RW 10, Kelurahan Urug Terhadap Pengelolaan Sampah TPA," *J. Pengabd. Masy. Indones.*, vol. 3, no. 5, pp. 661–666, 2023, doi: 10.52436/1.jpmi.1643.
- [6] S. H. Bere, A. Mahmudi, A. P. Sasmito, and F. T. Industri, "Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Arduino," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 357–363, 2021.
- [7] Rustiyana, K. Nistrina, and S. A. Dwi, "Rancangan Dan Implementasi Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic," *J. Inform.*, vol. 10, pp. 21–25, 2023, [Online]. Available: <https://www.ejournal.unibba.ac.id/index.php/computing/article/view/1146/941>
- [8] H. Ahmad and B. G. Sigarete, "Pengaruh Pemasangan Media Interpretatif Terhadap Perubahan Perilaku Wisatawan Dalam Membuang Sampah Di Tebing Breksi," *Pringgitan*, vol. 1, no. 02, pp. 58–67, 2020, doi: 10.47256/pringgitan.v1i02.37.
- [9] M. Ismail, R. K. Abdullah, and S. Abdussamad, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–12, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [10] R. Mahendra, I. Salamah, and Nasron, "Kontak Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560," *J. Qua Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 3–5, 2020.
- [11] Heru Sulistiono, A. Husain, and A. D. Baihaqie, "Sistem Pengambilan Keputusan untuk Karyawan Berprestasi dengan Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic pada Indo Baja," *Remik Ris. dan E-Jurnal Manaj. Inform. Komput.*, vol. 6, no. April, pp. 254–262, 2022, doi: <http://doi.org/10.33395/remik.v6i2.11533>.
- [12] R. Wahyuda, S. Andryana, and W. Winarsih, "Algoritma Fuzzy Simple Additive Weighting Sebagai Penunjang Pengambilan Keputusan Untuk Pemilihan Jurusan SMA," *J I M P - J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 3, no. 2, pp. 61–72, 2018, doi: 10.37438/jimp.v3i2.173.
- [13] T. R. Hutaaruk, "Manajemen Inovasi Sebagai Solusi Kebijakan Terhadap Persoalan Sampah Plastik Di Kota Samarinda (Management As a Solution for Policy To Solve the Problem of Plastic Waste in Samarinda City)," *J. Ris. Inossa*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [14] M. A. M. Nabil, "Kotak Sampah Pintar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [15] H. S. Nasution, A. Jayadi, and R. Rikendry, "Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Sistem Pengereman Robot Mobile Berdasarkan Jarak Dan Kecepatan," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–24, 2022, doi: 10.33365/jtikom.v3i1.1634.
- [16] C. D. Mait, J. A. Watuseke, P. D. G. Saerang, and S. R. Joshua, "Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Fuzzy Logic Tahani Untuk Penentuan Golongan Obat Sesuai Dengan," *J. Media Infotama*, vol. 18, no. 2, pp. 344–353, 2022.
- [17] Ilham, A. M. H. Pardede, and M. Simanjuntak, "Rancang Bangun Robot Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno Dengan Metode Fuzzy Logic," *J. Tek. Inform. Kaputama*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2022.
- [18] F. Azmi, I. Fawwaz, Muhathir, and N. P. Dharshinni, "Design of Water Level Detection Using Ultrasonic Sensor Based On Fuzzy Logic," *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 142–149, 2019, doi: 10.31289/JITE.V3I1.2668.
- [19] M. J. Arrofi, M. Ramdani, and E. Estanto, "Perancangan Alat Bantu Untuk Penderita Tunanetra Dengan Sensor Ultrasonik Aiding Tool Design For Blind People Using Ultrasonik Sensors," *eProceedings Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 1497–1504, 2017, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/273>
- [20] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Infoman's*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.