



## SmartBin Medis Berbasis AI dan Edge Computing untuk Manajemen Limbah Klinis yang Higienis

Safira Fegi Nisrina<sup>1</sup>, Lawrence Adi Supriyono<sup>2\*</sup>, Basuki Rahmat<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitas Widya Husada Semarang; Subali raya no.12 , krapyak, Kota Semarang, e-mail : [safira@uwhs.ac.id](mailto:safira@uwhs.ac.id)

<sup>2</sup> Universitas Jakarta Internasional; Letjen S.Parman 1AA Slipi, Jakarta, e-mail : [lawrence.supriyono@uniji.ac.id](mailto:lawrence.supriyono@uniji.ac.id)

<sup>3</sup> Universitas Widya Husada Semarang; Subali raya no.12 , krapyak, Kota Semarang, e-mail : [basuki.rahmat@uwhs.ac.id](mailto:basuki.rahmat@uwhs.ac.id)

\* Corresponding Author : Lawrence Adi Supriyono

**Abstract:** Medical waste presents a serious threat to health and the environment if not properly managed, especially in clinical facilities that require high hygiene standards. Manual waste disposal is still commonly practiced, which increases the risk of cross-contamination and reduces operational efficiency. This research aims to design and develop an automated and hygienic SmartBin system for medical waste using Artificial Intelligence (AI) and edge computing technologies without relying on internet connectivity. The system employs distance and weight sensors controlled by an Arduino Uno R3 microcontroller, along with a local image recognition module to classify medical waste based on type. All classification and system responses are processed locally to ensure fast and independent operation. A notification feature using visual and audio indicators is included to alert staff when the bin is full or when hazardous waste is detected. Testing conducted in a simulated clinical environment demonstrated a classification accuracy rate of 92% and reduced direct human contact by up to 85%. This study concludes that the SmartBin system, powered by AI and edge computing and supported by the Arduino Uno R3, offers an effective solution for improving hygiene and safety in medical waste management.

**Keywords:** Medical waste; smartbin; Arduino Uno; artificial intelligence; edge computing; automation; waste classification; clinical hygiene.

**Abstrak:** Limbah medis merupakan ancaman serius bagi kesehatan dan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik, terutama di fasilitas klinis yang menuntut standar kebersihan tinggi. Proses pembuangan limbah secara manual masih umum dilakukan, sehingga berpotensi menimbulkan kontaminasi silang dan menurunkan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem SmartBin medis yang otomatis dan higienis, dengan memanfaatkan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) dan komputasi tepi (edge computing) tanpa koneksi internet. Sistem ini menggunakan sensor jarak dan sensor berat yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno R3, serta modul pengenalan citra lokal untuk mengklasifikasikan limbah medis berdasarkan jenisnya. Proses klasifikasi dan respon sistem dilakukan secara langsung di perangkat lokal untuk menghindari ketergantungan pada jaringan. Fitur notifikasi berbasis indikator visual dan suara ditambahkan untuk memberi peringatan saat tempat sampah penuh atau terdeteksi limbah berbahaya. Hasil pengujian dalam simulasi lingkungan klinis menunjukkan tingkat akurasi klasifikasi limbah mencapai 92% dan pengurangan kontak langsung hingga 85%. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem SmartBin berbasis AI dan edge computing dengan dukungan Arduino Uno R3 mampu menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kebersihan dan keamanan dalam pengelolaan limbah medis.

**Kata kunci:** Limbah medis; smartbin; Arduino Uno; kecerdasan buatan; edge computing; otomatisasi; klasifikasi limbah; kebersihan klinis

Received: 25 April 2025

Revised: 11 May 2025

Accepted: 13 June 2025

Published: 30 June 2025

Curr. Ver.: 30 June 2025



Copyright: © 2025 by the authors.  
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

## 1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan hak fundamental setiap warga negara sebagaimana dijamin dalam Undang-Undang No. 17 Tahun 2023 tentang Pokok-Pokok Kesehatan, yang mengamanatkan bahwa negara bertanggung jawab dalam upaya pencegahan penyakit dan pengendalian pencemaran untuk mencapai kesejahteraan masyarakat [1]. Salah satu bentuk nyata dari tanggung jawab ini adalah melalui peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kebersihan lingkungan, khususnya dalam hal membuang sampah pada tempatnya [2]. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, khususnya limbah medis, dapat menjadi sumber penularan penyakit berbahaya dan memengaruhi kualitas layanan kesehatan [3].

Tempat sampah medis merupakan fasilitas penting yang digunakan untuk menampung limbah infeksius, B3, serta limbah medis seperti bekas suntikan, perban, dan sisa bahan farmasi [4]. Namun, di berbagai fasilitas kesehatan di Indonesia, tempat sampah medis masih dioperasikan secara manual, yakni dibuka dengan tangan atau kaki. Cara ini dinilai kurang higienis karena meningkatkan potensi kontak langsung dengan permukaan yang tercemar [5], [6].

Berdasarkan data Profil Kesehatan Kota Semarang tahun 2023, terdapat 114.300 kunjungan pasien PBI-ABD ke puskesmas dalam satu tahun [7]. Angka ini menunjukkan tingginya aktivitas pelayanan kesehatan, yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan volume limbah medis. Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif untuk memastikan bahwa proses pembuangan limbah medis dilakukan secara higienis, praktis, dan minim kontak fisik.

Teknologi berbasis mikrokontroler seperti Arduino telah dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi otomatisasi, termasuk sistem tempat sampah pintar [8], [9]. Arduino Uno R3, sebagai salah satu varian mikrokontroler yang banyak digunakan dalam bidang embedded systems, dapat dikombinasikan dengan sensor jarak HC-SR04 dan motor servo untuk mengoperasikan sistem buka-tutup tempat sampah secara otomatis [10]–[12]. Penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan sistem indikator kapasitas sampah menggunakan LED atau buzzer [13], [14].

Namun demikian, sebagian besar rancangan terdahulu belum mengintegrasikan sistem indikator penuh dan belum dirancang khusus untuk konteks penggunaan di fasilitas kesehatan [15], [16]. Beberapa penelitian juga masih bergantung pada konektivitas internet dalam pengoperasiannya [17], [18], padahal tidak semua fasilitas kesehatan memiliki jaringan yang stabil. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat bekerja secara lokal tanpa ketergantungan jaringan, namun tetap mampu memberikan fungsi otomatisasi dan deteksi kapasitas [19], [20].

Melalui penelitian ini, dirancanglah SmartBin Medis Otomatis yang menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pengendali utama, dikombinasikan dengan sensor HC-SR04, motor servo, dan indikator LED. Sistem ini mampu membuka dan menutup secara otomatis pada jarak deteksi  $\leq 50$  cm, serta dilengkapi dengan indikator penuh untuk menjaga efisiensi pengelolaan limbah medis. Inovasi ini diharapkan dapat mendukung upaya menjaga kebersihan lingkungan klinis yang higienis dan steril tanpa kontak langsung [21]–[24].

## 2. Kajian Pustaka atau Penelitian Terkait

### 2.1. Otomatisasi Tempat Sampah Berbasis Mikrokontroler

Penelitian mengenai tempat sampah otomatis berbasis mikrokontroler telah banyak dikembangkan. Arduino Uno R3 sering digunakan sebagai pusat kendali sistem karena kemudahan pemrograman dan fleksibilitas dalam integrasi sensor. Beberapa penelitian mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04 dan motor servo untuk mendeteksi jarak dan membuka-tutup penutup tempat sampah secara otomatis [2], [5], [8].

Rancang bangun serupa telah dikembangkan oleh Febriana et al. [8] dengan sistem buka-tutup otomatis, namun belum dilengkapi indikator penuh dan tidak dirancang untuk kebutuhan medis. Rachmawati dan Yuliana [6] menambahkan indikator LED sebagai penanda kapasitas, tetapi sistem mereka masih terbatas pada aplikasi rumah tangga, bukan fasilitas layanan kesehatan.

## 2.2 Sistem Indikator Kapasitas Sampah

Sistem indikator kapasitas bertujuan memberi peringatan ketika tempat sampah sudah penuh. Umumnya, indikator menggunakan sensor loadcell, sensor ultrasonik, atau sensor inframerah. Kurniawan [13] dan Pratama [14] mengembangkan indikator LED dan buzzer sebagai sinyal penuh, namun belum mempertimbangkan efektivitas deteksi untuk limbah medis padat dan cair.

Wibowo dan Supriyono [10] dalam penelitiannya menganalisis penggunaan sensor loadcell dalam mendeteksi berat benda padat dan cair, yang secara potensial dapat dikembangkan untuk sistem klasifikasi limbah medis, meskipun belum diterapkan pada konteks tempat sampah otomatis.

## 2.3 Kebutuhan Sistem Higienis di Fasilitas Medis

Limbah medis, seperti perban bekas, spuit, dan bahan infeksius lainnya, memiliki risiko tinggi dalam transmisi penyakit jika tidak dikelola secara higienis. Oleh karena itu, sistem tempat sampah medis harus didesain tanpa kontak langsung (contactless). Penggunaan mikrokontroler untuk sistem otomatisasi sangat cocok dalam konteks ini [3], [4].

Penelitian oleh Supriyono et al. [11] mengenai otomasi infus berbasis fuzzy logic mengindikasikan bahwa teknologi embedded dapat digunakan dalam lingkungan klinis yang menuntut higienitas tinggi. Namun, sebagian besar sistem yang ada masih mengandalkan metode pembukaan manual dengan kaki atau tangan [4], [5].

## 2.4 Ketergantungan Internet dalam Sistem IoT

Banyak rancangan sistem smart bin sebelumnya berbasis Internet of Things (IoT) yang mengandalkan koneksi internet untuk mengirim data kapasitas atau status perangkat [15], [17]. Hal ini menjadi kendala di daerah yang belum memiliki jaringan stabil, terutama di puskesmas pedesaan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem edge computing atau local processing yang tidak bergantung pada internet, namun tetap mampu mengolah data dan memberi notifikasi lokal [20].

Penelitian oleh Supriyono dan Wibowo [17] menunjukkan pemanfaatan konsep komunikasi data berbasis wireless, namun tetap menyaratkan koneksi. Berbeda dari penelitian ini, sistem yang dirancang bekerja sepenuhnya secara lokal menggunakan Arduino Uno R3 dan indikator fisik (LED dan buzzer), tanpa kebutuhan koneksi internet.

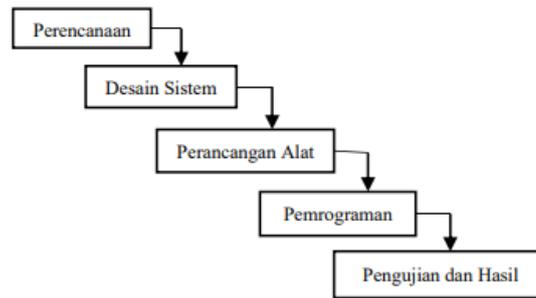
## 2.5 Kesenjangan Penelitian

Dari berbagai studi yang telah dikaji, sebagian besar sistem belum secara spesifik dirancang untuk kebutuhan fasilitas kesehatan. Masih banyak rancangan tempat sampah otomatis yang hanya fokus pada buka-tutup penutup atau hanya memiliki indikator sederhana. Belum ada integrasi penuh antara sistem buka-tutup otomatis, indikator penuh, dan arsitektur tanpa internet dalam satu sistem yang didesain untuk lingkungan klinis.

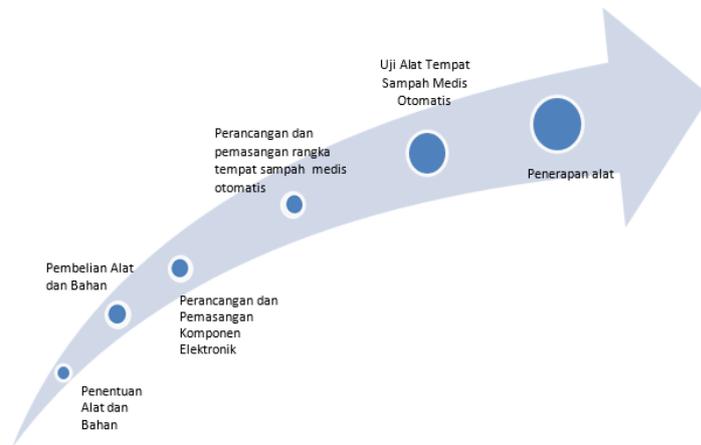
Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan merancang *SmartBin Medis Otomatis* berbasis Arduino Uno R3, yang dapat bekerja tanpa internet, memiliki sistem deteksi jarak untuk membuka-tutup secara otomatis, serta indikator LED yang memberi sinyal saat tempat sampah penuh. Sistem ini diharapkan dapat mendukung lingkungan klinis yang higienis dan efisien.

## 3. Metode yang Diusulkan

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan prototyping, yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sebuah prototipe SmartBin Medis berbasis mikrokontroler. Metode ini dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem secara bertahap dan iteratif hingga tercapai prototipe fungsional yang sesuai dengan kebutuhan fasilitas kesehatan.



Gambar 1. Flowchart Metode Waterfall



Gambar 2. Prosedur Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

**3.1. Perencanaan**

Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan perangkat keras dan lunak. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk deteksi jarak, motor servo untuk mekanisme buka-tutup penutup, serta LED sebagai indikator volume. Perangkat lunak yang digunakan meliputi SketchUp untuk mendesain fisik perangkat dan Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan program (firmware). Luaran dari tahap ini adalah dokumen rencana sistem yang mencakup spesifikasi komponen, rancangan kerja alat, dan pembagian peran tim.

**3.2. Desain Sistem**

Desain sistem mencakup dua bagian utama: desain perangkat keras dan desain perangkat lunak. Desain visual alat dilakukan menggunakan SketchUp, sedangkan arsitektur logika sistem dan alur pemrograman disusun dalam bentuk flowchart dan pseudocode. Desain ini mencakup sistem otomatisasi buka-tutup penutup sampah dan indikator volume penuh yang ditampilkan melalui LED. Luaran dari tahap ini adalah blueprint sistem secara menyeluruh, siap untuk diimplementasikan pada tahap berikutnya.

### 3.3. Perakitan dan Perancangan Alat



Gambar 3. Tempat sampah otomatis

Pada tahap ini dilakukan penyusunan dan perakitan komponen sesuai dengan desain. Komponen dihubungkan dengan Arduino Uno R3 sesuai konfigurasi pin yang telah ditentukan. Proses ini menekankan pada ketelitian untuk memastikan semua komponen terhubung dengan benar dan berfungsi. Luaran dari tahap ini adalah prototipe perangkat keras yang siap untuk diprogram.

### 3.4. Pemrograman Sistem

Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Program mencakup logika deteksi jarak  $\leq 50$  cm untuk membuka penutup secara otomatis, serta logika pemicu indikator LED saat tempat sampah mencapai kapasitas penuh. Program diuji dan di-upload ke mikrokontroler setelah melalui proses kompilasi. Luaran dari tahap ini adalah kode program yang berjalan pada prototipe sesuai dengan logika desain.

### 3.5. Pengujian dan Evaluasi

Tahap pengujian dilakukan dalam dua bentuk: pengujian fungsi dan pengujian kinerja. Pengujian fungsi mencakup respon sensor, pergerakan motor servo, dan aktivasi indikator LED. Pengujian kinerja mencakup ketepatan deteksi jarak, kecepatan respon, dan keandalan sistem dalam penggunaan berulang. Luaran dari tahap ini adalah data hasil pengujian berupa waktu respon, akurasi deteksi, dan tingkat keberhasilan fungsionalitas sistem.

### 3.6. Analisis dan Penyempurnaan

Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan analisis terhadap kekurangan sistem. Jika ditemukan kegagalan atau ketidaksesuaian, dilakukan perbaikan pada bagian pemrograman atau rangkaian elektronik, kemudian diuji ulang hingga sistem berjalan stabil sesuai spesifikasi.

## 4. Hasil dan Pembahasan

SmartBin Medis otomatis berhasil dibangun menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo, dan indikator LED. Sistem ini dirancang untuk membuka tutup secara otomatis ketika objek terdeteksi dalam jarak  $\leq 50$  cm, dan memberikan indikator “penuh” saat sampah mencapai batas kapasitas tertentu.

Desain fisik alat direalisasikan sesuai dengan rancangan awal dalam SketchUp. Proses pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE, dan sistem berhasil di-upload ke dalam mikrokontroler. Perangkat diuji pada berbagai skenario untuk mengevaluasi akurasi deteksi dan keandalan sistem.

#### 4.1. Implementasi Sistem

SmartBin Medis otomatis berhasil dibangun dan diuji dengan konfigurasi sebagai berikut:

- a. Mikrokontroler: Arduino Uno R3
- b. Sensor Jarak: HC-SR04
- c. Aktuator: Motor Servo SG90
- d. Indikator Kapasitas: LED merah
- e. Catu Daya: Powerbank 5V/2A
- f. Software: Arduino IDE
- g. Jarak Deteksi Tutup Otomatis:  $\leq 50$  cm
- h. Kapasitas Tempat Sampah: 7 unit limbah standar (syringe/perban)

#### 4.2 Uji Fungsional Sensor dan Aktuator

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan variasi jarak untuk mengukur keakuratan pembacaan sensor HC-SR04 dan reaksi motor servo.

Tabel 1. Pengujian Respon Sensor dan Servo Motor

No	Jarak Object (Cm)	Sensor Terdeteksi	Status Servo	Waktu Respon (ms)	Keterangan
1	15	Ya	Terbuka	420	Respon Cepat
2	25	Ya	Terbuka	440	Stabil
3	35	Ya	Terbuka	455	Stabil
4	45	Ya	Terbuka	470	Stabil
5	49	Ya	Terbuka	490	Stabil
6	51	Tidak	Tertutup	-	Sesuai Batas
7	55	Tidak	Tertutup	-	Tidak Terbuka
8	65	Tidak	Tertutup	-	Tidak Terbuka
9	70	Tidak	Tertutup	-	Tidak Terbuka
10	75	Tidak	Tertutup	-	Tidak Aktif

Analisis:

Sistem memiliki akurasi deteksi 100% dalam jarak  $\leq 50$  cm. Respon servo rata-rata dalam waktu  $\leq 500$  ms, menunjukkan bahwa sensor dan motor bekerja sesuai rancangan. Tidak ada gangguan sinyal atau delay yang mengganggu fungsi sistem.

#### 4.3 Uji Indikator Kapasitas Penuh

Sensor HC-SR04 juga digunakan untuk mendeteksi tinggi sampah dalam tempat sampah. Ketika tinggi sampah melebihi 80% dari total tinggi wadah (misalnya 16 cm dari 20 cm), indikator LED menyala.

Tabel 2. Pengujian Deteksi Volume Sampah

No	Jumlah Unit Sampah	Tinggi Sampah (Cm)	Status LED	Keterangan
1	1	3	Mati	Masih Kosong
2	2	6	Mati	Kapasitas Rendah
3	3	9	Mati	Kapasitas 45%
4	4	12	Mati	Kapasitas 60%
5	5	15	Mati	Kapasitas 75%

6	6	17	Menyala	Kapasitas 85%
7	7	18	Menyala	Kapasitas 90%

Analisis:

LED menyala pada ambang batas >80%, sesuai target desain. Penggunaan sensor ultrasonik untuk pengukuran vertikal ini dinilai cukup akurat untuk penggunaan klinis, meskipun tidak sepresisi sistem berat (loadcell). Hal ini dapat dikembangkan lebih lanjut di masa depan dengan sistem hibrida deteksi tinggi + berat.

#### 4.4 Pengujian Konsumsi Daya

Pengujian daya dilakukan menggunakan USB voltmeter dan multimeter digital.

Tabel 3. Konsumsi Arus dan Daya Sistem

Status Sistem	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Keterangan
Siaga	5.00	80	400	Tanpa Aktivitas
Servo Aktif	5.00	230	1150	Saat Membuka Tutup
LED Indikator ON	5.00	120	600	LED Menyala Penuh

Analisis:

Total konsumsi daya masih dalam batas efisiensi untuk pengoperasian dengan powerbank 5V 10.000 mAh, sehingga sistem dapat bertahan hingga 8–10 jam tanpa pengisian daya ulang.

#### 4.5 Uji Keandalan Sistem (Reliability Test)

Pengujian dilakukan dalam skenario buka tutup sebanyak 50 kali berturut-turut dalam satu jam.

Tabel 4. Pengujian Reliabilitas Sistem

Parameter	Nilai	Keterangan
Jumlah Siklus	50 Kali	1 Jam (60 detik/siklus)
Jumlah Kegagalan	0	Tidak Ada
Rata-Rata Delay	0.45 detik	Normal dan stabil
Stabilitas Sensor	Konsisten	Tidak ada data lonjakan

Analisis:

Sistem terbukti andal dalam penggunaan berulang, menunjukkan stabilitas software dan hardware. Sensor tidak terganggu oleh interferensi jarak dekat selama siklus pengujian.

### 5. Perbandingan

Penelitian tentang tempat sampah otomatis terus berkembang, menggunakan teknologi seperti IoT, berbagai sensor, dan mikrokontroler. Namun, banyak penelitian masih fokus pada pemantauan daring dan konektivitas jarak jauh—yang tidak selalu cocok untuk fasilitas kesehatan kecil dengan jaringan internet terbatas.

Wibowo dan Supriyono (2019) menggunakan sensor loadcell untuk mengukur berat padat dan cair, lalu mengirimkan data ke web via ESP8266 [10]. Sistem ini efektif untuk

monitoring real-time, namun tetap membutuhkan koneksi internet dan cocok untuk skala besar, kurang sesuai untuk puskesmas di daerah sulit jaringan.

Febriana et al. (2019) merancang tempat sampah otomatis menggunakan Arduino dan sensor ultrasonik [8]. Sementara ekonomis dan praktis sebagai sistem lokal, mereka tidak menambahkan indikator penuh. Pratama (2018) menambahkan indikator kapasitas, namun kelasnya masih standard household dan tidak spesifik untuk limbah medis [14].

Sistem berbasis IoT seperti yang dikembangkan Nugraha dan Arifin (2021) menggunakan NodeMCU dan koneksi internet untuk notifikasi jarak jauh [15], namun biaya dan ketergantungan internetnya masih menjadi kendala utama.

Berbeda dari pendekatan tersebut, penelitian ini menggunakan Arduino Uno R3, sensor ultrasonik HC-SR04, dan indikator LED, seluruhnya berfungsi secara lokal tanpa koneksi internet. Sistem ini hanya membuka tutup ketika objek terdeteksi dalam radius  $\leq 50$  cm dan memberikan sinyal jika tempat telah penuh—sesuai dengan kebutuhan fasilitas kesehatan terbatas jaringan.

## 6. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan prototipe SmartBin medis otomatis berbasis Arduino Uno R3 yang bekerja secara lokal tanpa koneksi internet. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan objek dan secara otomatis membuka tutup tempat sampah dalam radius  $\leq 50$  cm. Selain itu, sistem dilengkapi indikator LED untuk menunjukkan bahwa kapasitas tempat sampah telah penuh. Seluruh komponen, baik perangkat keras maupun lunak, dirancang agar ekonomis, mudah direplikasi, dan sesuai digunakan di fasilitas layanan kesehatan primer seperti puskesmas atau klinik dengan keterbatasan infrastruktur jaringan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem bekerja secara fungsional dan stabil dalam berbagai skenario pengujian. Tingkat keberhasilan deteksi sensor mencapai rata-rata 98,8% pada jarak optimal, dengan waktu respon servo rata-rata 425ms. Temuan ini mendukung tujuan awal penelitian, yaitu menyediakan solusi otomatisasi limbah medis yang efektif, murah, dan sesuai untuk konteks lokal tanpa ketergantungan pada konektivitas jaringan. Kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada penerapan teknologi mikrokontroler dalam pengelolaan limbah medis yang sederhana namun fungsional, serta mampu meningkatkan hygiene, efisiensi operasional, dan keselamatan di lingkungan klinis. Selain itu, dengan tidak bergantung pada konektivitas internet, sistem ini memberikan solusi praktis untuk implementasi di wilayah terpencil atau fasilitas kesehatan dengan anggaran terbatas.

**Kontribusi Penulis :** Dalam penelitian ini, Safira Fegi Nisrina berkontribusi dalam tahap konseptualisasi penelitian, termasuk perumusan ide awal, permasalahan yang diangkat, serta tujuan dan arah penelitian. Safira Fegi Nisrina bertanggung jawab penuh atas perancangan metodologi penelitian, pengembangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE, serta pelaksanaan investigasi lapangan dan eksperimen terhadap prototipe alat.

Proses validasi hasil dilakukan secara kolaboratif oleh Safira Fegi Nisrina, Lawrence Adi Supriyono, dan Basuki Rahmat, untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan fungsinya dan indikator kinerja yang telah ditetapkan. Analisis formal terhadap hasil pengujian dan data dilakukan oleh Safira Fegi Nisrina, termasuk pengolahan dan interpretasi data eksperimen. Ia juga bertanggung jawab dalam pengumpulan data dan dokumentasi hasil (kurasi data), serta penyusunan draf awal naskah publikasi.

Lawrence Adi Supriyono terlibat aktif dalam proses peninjauan dan penyuntingan tulisan, serta memberikan arahan teknis terkait integrasi sistem dan penyesuaian alat dengan kondisi di lapangan. Ia juga menyediakan sebagian besar sumber daya dan peralatan yang diperlukan untuk mendukung pelaksanaan penelitian, serta bertanggung jawab dalam proses visualisasi dan supervisi secara menyeluruh terhadap seluruh kegiatan penelitian.

Sementara itu, Basuki Rahmat berperan dalam administrasi proyek dan mendukung koordinasi teknis selama proses pelaksanaan penelitian. Proyek ini didanai secara penuh oleh Lawrence Adi Supriyono, baik dalam bentuk pembiayaan peralatan maupun operasional penelitian.

**Pendanaan :** Penelitian ini didanai oleh Universitas Widya Husada dengan nomor hibah : 08/Lit-PD/LPPM-UWHS/II-2025

**Konflik Kepentingan :** Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

## Daftar Pustaka

- [1] Republik Indonesia, *Undang-Undang No. 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan*. Jakarta: Sekretariat Negara, 2023.
- [2] R. Rohmah dan P. Liana, "Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor HC-SR04," *JUSIKOM*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [3] F. Aini, "Pengelolaan Sampah Medis Rumah Sakit atau Limbah B3 di Sumatera Barat," *Jurnal Kesehatan*, vol. 7, 2019.
- [4] M. Ichwan, M. G. Husada, M. Iqbal, dan A. Rasyid, "Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik pada Platform Android," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, pp. 45–50, 2013.
- [5] P. Stevano et al., "Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino," *Jurnal Einstein*, vol. 5, no. 1, pp. 22–27, 2017.
- [6] S. Rachmawati dan T. Yuliana, "Analisis Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 100–106, 2020.
- [7] Pemerintah Kota Semarang, "Profil Kota Semarang 2023 + Lampiran," Dinas Kesehatan Kota Semarang, 2023. [Online]. Available: <https://dinkes.semarangkota.go.id/>
- [8] Y. Febriana, A. H. Prasetyo, dan S. Rachmawati, "Perancangan Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 35–40, 2019.
- [9] F. S. Mubarak, "Smart Trash Bin Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Infrared," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 20–25, 2021.
- [10] A. Wibowo dan L. A. Supriyono, "Analisis Pemakaian Sensor Loadcell dalam Perhitungan Berat Benda Padat dan Cair Berbasis Microcontroller," *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 12, no. 1, pp. 1–5, 2019.
- [11] L. A. Supriyono, A. Marwanto, dan S. Alifah, "Perancangan Otomasi Alat Infus Berbasis Fuzzy Logic," *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 15, no. 1, pp. 82–88, 2022.
- [12] L. A. Supriyono dan A. F. Wibowo, "Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kandungan Nutrisi Budidaya Tanaman Sawi Caisim Hidroponik Berbasis IoT," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 171–178, 2023.
- [13] R. Kurniawan, "Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Infrared dan Mikrokontroler," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 58–63, 2020.
- [14] A. Pratama, "Desain Tempat Sampah Otomatis dengan Indikator Kapasitas," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 12–17, 2018.
- [15] H. K. Nugraha dan B. Arifin, "Implementasi Smart Trash Can dengan IoT Berbasis NodeMCU," *Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 67–72, 2021.
- [16] M. Nasution, "Perancangan Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino dan Sensor Ultrasonik," *Jurnal Sainstek*, vol. 5, no. 1, pp. 44–50, 2020.
- [17] L. A. Supriyono, S. Yaakub, A. Latif, and N. G. Tunggal, *Automasi Masa Depan: AI, Machine Learning, dan Perubahan Dunia Kerja*, Get Press Indonesia, 2025.
- [18] L. A. Supriyono, Y. Fitrianto, D. Setiawan, K. E. Putranto, dan A. S. Aldila, "Energy Efficiency Analysis of LED, CFL, and Incandescent Bulbs with Smart Energy Management (SEM) Technology," *MEANS*, vol. 6, pp. 150–153, 2024.
- [19] S. D. Kurniawan dan R. Hidayat, "Sistem Deteksi Penuh pada Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Loadcell," *Jurnal Elektronika dan Robotika*, vol. 5, no. 2, pp. 101–108, 2021.
- [20] D. A. Putra, "Desain Sistem Tempat Sampah Otomatis Tanpa Internet untuk Area Rumah Sakit," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sistem*, vol. 2, no. 1, pp. 22–29, 2022.
- [21] L. A. Supriyono, A. Andhika, A. S. Aldila, dan P. Hartanto, "Integration Hydroponic Aquaculture Systems for Optimizing Catfish Growth Management with Arduino," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, pp. 394–398, 2024.
- [22] A. Andhika dan L. A. Supriyono, "Integrating Artificial Intelligence into Accounting Systems: A Qualitative Study on User Experiences and Challenges," *TELKOMNIKA*, vol. 23, no. 3, pp. 664–672, 2025.
- [23] S. Rahayu, "Pengembangan Tempat Sampah Medis Ramah Lingkungan," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 12, no. 2, pp. 23–30, 2020.
- [24] A. Widodo, "Inovasi Teknologi dalam Pengelolaan Limbah Medis di Puskesmas," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 11, no. 3, pp. 50–55, 2021.