

Pengembangan *Prototype Smart Waste Bin* menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor Ultrasonik untuk Meningkatkan Efisiensi Pembuangan Sampah

Tri Prabowo¹, Syahrizal², Heri Setiawan³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Asahan

Email: prabowotry45@gmail.com¹, Syahrizal.sec@gmail.com², herikisaran05@gmail.com³

Article History:

Received: 30 Desember 2024

Revised: 15 Januari 2025

Accepted: 17 Januari 2025

Keywords: *Tempat Sampah Otomatis, Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, IoT*

Abstract: *Pengelolaan sampah yang tidak tepat dapat memberikan konsekuensi merugikan bagi kesehatan dan lingkungan, termasuk meningkatnya emisi gas rumah kaca. Melalui penelitian ini, peneliti mengembangkan sebuah tempat sampah pintar (smart waste bin) dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengoptimalkan proses pembuangan sampah. Desain prototipe difokuskan pada kemampuan mendeteksi keberadaan pengguna dan membuka penutup tempat sampah secara otomatis pada jarak tertentu, sehingga dapat mengurangi kontak langsung dan meningkatkan kenyamanan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem beroperasi secara efektif sesuai rancangan, dengan performa yang stabil pada jarak deteksi hingga 50 cm. Selain itu, biaya pengembangan prototipe yang relatif rendah (Rp115.000) menandakan potensi teknologi ini untuk diterapkan secara lebih meluas, terutama pada lingkungan dengan keterbatasan sumber daya.*

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah masih menjadi salah satu tantangan utama dalam kehidupan masyarakat. Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas manusia berbanding lurus dengan volume sampah yang dihasilkan setiap harinya. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), produksi sampah di Indonesia mencapai 105 ribu ton per hari atau setara 38 juta ton per tahun [1]. Pengelolaan sampah yang buruk dapat mengakibatkan berbagai permasalahan, mulai dari masalah kesehatan hingga pencemaran lingkungan [2]. Selain itu, pengelolaan sampah yang buruk juga berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca, di mana sektor pengelolaan limbah menyumbang sekitar 5% dari total emisi gas rumah kaca global, terutama dari gas metana yang dihasilkan oleh sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA) [3].

Salah satu aspek penting dalam pengelolaan sampah adalah proses pembuangan sampah pada tempat yang telah disediakan. Namun, masih banyak ditemui kendala dalam penggunaan tempat sampah konvensional, seperti risiko kontaminasi saat menyentuh tutup tempat sampah, ketidaknyamanan pengguna, hingga masalah kebersihan tempat sampah itu sendiri [4]. Hal ini sering kali menyebabkan pengguna enggan membuang sampah pada tempatnya atau bahkan

membuang sampah sembarangan.

Seiring dengan perkembangan teknologi, tempat sampah otomatis hadir sebagai solusi inovatif dalam pengelolaan sampah. Dibandingkan dengan tempat sampah konvensional, tempat sampah otomatis yang dilengkapi dengan teknologi sensor dapat memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi penggunaannya [5]. Sistem ini dapat mendeteksi keberadaan pengguna dan membuka tutup tempat sampah secara otomatis sehingga mengurangi risiko kontaminasi dan meningkatkan efisiensi penggunaan tempat sampah. Tempat sampah otomatis tidak hanya mempermudah pengguna, tetapi juga mengurangi beban petugas kebersihan dengan meminimalkan sentuhan langsung, yang terbukti efektif dalam meningkatkan kebersihan di area publik. Sebagai contoh pada Januari 2021, Ekocharita mulai memasang sensor pintar Sensoneo untuk memantau tingkat isi kontainer secara real-time. Hingga akhir Juni, mereka telah memantau 600 kontainer, dan berkat data dari sensor tersebut, mereka berhasil secara signifikan meningkatkan manajemen operasi dengan mengurangi waktu pengumpulan 1 ton sampah tekstil sebesar 30 persen, menurunkan biaya pengumpulan sampah sebesar 20 persen, dan membuat proses logistik menjadi lebih lancar dan terorganisir dengan baik [6].

KAJIAN PUSTAKA

Penelitian terkait tempat sampah pintar telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam proses pembuangan sampah. Salah satu pendekatan yang umum adalah sistem buka-tutup otomatis yang memanfaatkan sensor inframerah. Haryanto dan Wijaya (2020) mengembangkan tempat sampah otomatis berbasis Arduino Uno yang mampu mendeteksi keberadaan pengguna menggunakan sensor inframerah. Sistem ini memungkinkan tutup tempat sampah terbuka secara otomatis ketika mendeteksi keberadaan pengguna, sehingga dapat meminimalkan kontak langsung dengan tempat sampah dan meningkatkan kenyamanan serta kebersihan bagi pengguna [7].

Perkembangan lebih lanjut dalam teknologi tempat sampah pintar juga terlihat pada penggunaan sensor PIR (*Passive Infrared*) untuk mendeteksi keberadaan pengguna berdasarkan perubahan suhu di sekitarnya. Perdana dan Wellem (2023) mengembangkan sistem tempat sampah otomatis berbasis Arduino yang memanfaatkan sensor PIR untuk membuka tutup tempat sampah saat pengguna mendekat. Sistem ini dirancang untuk mengurangi interaksi langsung dengan tempat sampah, khususnya pada area publik dengan tingkat risiko kontaminasi yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan baik dalam mendeteksi keberadaan pengguna dan memberikan pengalaman yang lebih higienis dalam pembuangan sampah [8].

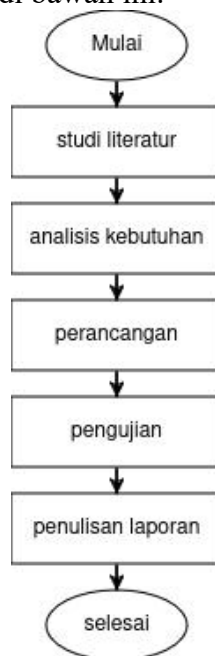
Kajian-kajian ini menunjukkan bahwa teknologi sensor, seperti inframerah, proximity kapasitif, induktif, dan PIR, telah banyak diterapkan dalam sistem tempat sampah pintar untuk menjawab berbagai tantangan dalam pengelolaan sampah. Setiap teknologi memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, baik dari segi efisiensi deteksi maupun kemampuan untuk diadaptasi pada berbagai lingkungan. Hal ini mendorong penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan sistem yang lebih sederhana dan terjangkau sehingga diharapkan dapat meningkatkan daya tahan perangkat serta mempermudah proses perawatan dan perbaikan, yang akan berdampak positif terhadap keberlanjutan penggunaan tempat sampah pintar dalam jangka panjang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *Research and Development* (R&D), suatu metode pengembangan yang dirancang untuk menghasilkan inovasi teknologi melalui proses

pengembangan dan validasi produk. Tujuan utama metode R&D adalah merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi produk teknologi yang memiliki potensi solusi praktis terhadap permasalahan spesifik. Dalam konteks penelitian ini, fokus utama adalah merancang dan mengimplementasikan prototipe tempat sampah pintar dengan memanfaatkan teknologi sensor ultrasonik HC-SR04 dan aktuator motor servo, yang dikendalikan menggunakan platform mikrokontroler Arduino Uno.

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang terdiri dari studi literatur, analisis kebutuhan sistem, perancangan, pengujian dan penulisan laporan penelitian. Tahapan-tahapan ini ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



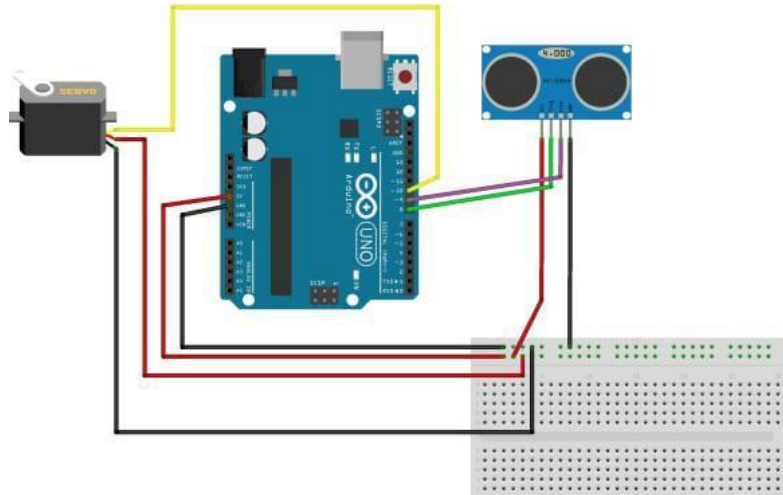
Gambar 1 Diagram alir penelitian

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan informasi melalui kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan implementasi tempat sampah otomatis berbasis Arduino. Proses studi literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang akan menjadi fokus penelitian serta merencanakan sistem atau perangkat yang akan dikembangkan. Penelitian-penelitian yang telah dikaji sebelumnya digunakan sebagai referensi dalam merancang penelitian ini.

2. Analisis Kebutuhan

Pada tahapan ini dilakukan analisis mengenai kebutuhan dari sistem yang akan dikembangkan mulai dari kebutuhan perangkat lunak hingga kebutuhan perangkat keras. berikut adalah perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini: Arduino Uno R3, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Motor Servo MG996R, Breadboard, Kabel Jumper, dan baterai 9V. Rangkaian dari Arduino, HC-SR04, dan Servo Motor dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Rangkaian arduino, servo dan sensor ultrasonik

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Arduino IDE sebagai alat utama dalam pengembangan sistem dan C++ sebagai bahasa pemrograman. Arduino IDE digunakan untuk menulis, mengkompilasi, dan mengunggah source code program ke mikrokontroler pada board Arduino. Selain itu, Draw.io digunakan untuk menggambar diagram alir program, yang berfungsi untuk menggambarkan langkah-langkah logika dan alur kerja sistem secara visual.

3. Perancangan

Perancangan dalam penelitian ini mencakup perancangan perangkat keras untuk tempat sampah otomatis, yang melibatkan perakitan komponen-komponen yang diperlukan. Proses ini dilakukan dengan memilih dan menyusun berbagai komponen, seperti mikrokontroler, sensor, dan aktuator, untuk membentuk sistem yang dapat berfungsi secara otomatis.

4. Pengujian

Pada tahap pengujian, sistem tempat sampah otomatis yang telah dirancang akan diuji untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian dilakukan pada beberapa aspek, termasuk kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan pengguna, respons mekanisme buka-tutup tempat sampah. Hasil pengujian ini akan dievaluasi untuk mengidentifikasi potensi masalah atau kekurangan yang perlu diperbaiki sebelum implementasi lebih lanjut. Pengujian dilakukan dalam kondisi yang berbeda, seperti pada jarak deteksi sensor, kecepatan respon, serta daya tahan komponen yang digunakan dalam jangka panjang.

5. Penulisan Laporan

Penulisan laporan akan disusun sesuai dengan hasil yang didapat dari langkah-langkah penelitian yang sudah diambil selama pelaksanaan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan

Berdasarkan pada rancangan sistem yang telah dibuat, hasil perancangan prototipe tempat sampah otomatis dapat dilihat pada Gambar 3. Prototipe ini dibangun dengan menggunakan beberapa komponen utama, di antaranya adalah sensor ultrasonik sebagai komponen input, yang berfungsi untuk mendeteksi jarak pengguna. Komponen pemrosesan utama terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno, yang bertanggung jawab untuk mengendalikan seluruh sistem.

Sedangkan komponen output meliputi motor servo untuk mekanisme buka-tutup, LCD 2x16 I2C untuk menampilkan informasi, dan modul ESP8266/ESP01 untuk komunikasi data.

Gambar 3 Hasil perancangan

Pada pengujian tahap pertama, sistem diuji dengan mendekatkan pengguna ke tempat sampah dalam jarak lebih dari 50 cm pada jarak ini, tempat sampah tetap tertutup, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Namun, saat jarak pengguna hanya 50 cm atau kurang, tempat sampah secara otomatis akan terbuka. Oleh karena itu, hasil perancangan ini menunjukkan bahwa tempat sampah otomatis melakukan fungsinya dengan baik, dengan respons yang stabil tergantung pada jarak pengguna..

Pengujian Sistem

Pengujian prototipe tempat sampah otomatis dilakukan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Tabel 1. Parameter yang diuji kinerja sistem termasuk jarak deteksi pengguna dan respons mekanisme buka-tutup. Setiap parameter diuji untuk memastikan bahwa sistem beroperasi dengan baik dalam berbagai kondisi dan sesuai dengan tujuan perancangan.

Tabel 1. Hasil pengujian

No	Jarak Pengguna (Cm)	Kondisi Tutup
1	100	Tertutup
2	80	Tertutup
3	50	Tertutup
4	40	Terbuka
5	20	Terbuka

Berdasarkan hasil penelitian perancangan, prototipe Tempat Sampah Otomatis dengan Sistem Monitoring Ketinggian Sampah Berbasis Web telah berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang diharapkan. Prototipe ini mampu membuka dan menutup secara otomatis ketika pengguna mendekat ke tempat sampah dengan jarak kurang dari 50 cm, menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perancangan prototipe tempat sampah pintar (*smart waste bin*) menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor ultrasonik, diperoleh temuan signifikan yang menunjukkan keberhasilan implementasi sistem otomatisasi pembuangan sampah. Prototipe yang dikembangkan mampu menghasilkan kinerja fungsional yang optimal, dengan kemampuan membuka dan menutup pintu tempat sampah secara otomatis melalui deteksi keberadaan pengguna menggunakan mekanisme sensor ultrasonik.

Temuan signifikan dalam penelitian ini adalah efisiensi biaya pengembangan prototipe tempat sampah pintar, dengan total estimasi investasi komponen sebesar Rp. 115.000. Aspek ekonomis ini memberikan kontribusi substansial dalam mendukung potensi implementasi teknologi smart waste management, khususnya pada konteks sumber daya terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, “Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) - Data Timbulan Sampah.” 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- [2] F. Amalia dan M. Kusuma Putri, “Analisis pengelolaan sampah anorganik di Sukawinatan Kota Palembang,” *J. Swarnabhumi*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [3] R. P. Mahyudin, F. Oktafayanza, dan M. Firmansyah, “Studi Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca Pada Pengelolaan Sampah Di TPA Gunung Kupang Banjarbaru Kalimantan Selatan,” *Media Ilm. Tek. Lingkung. MITL*, vol. 6, no. 2, hlm. 65–73, 2021.
- [4] S. Purwaningsih, J. Pebralia, dan R. Rustan, “Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan sensor ultrasonik berbasis arduino uno untuk limbah masker,” *J. Kumparan Fis.*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–6, 2022.
- [5] D. Satria, “Perancangan Tempat Sampah Otomatis Dengan Sistem Monitoring Ketinggian Sampah Berbasis Web,” *J. Mosfet*, vol. 3, no. 2, hlm. 1–4, 2023.
- [6] Recycling Magazine, “Smart sensors reduce costs for waste collection by 20%.” Diakses: 18 November 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.recycling-magazine.com/2021/08/09/smart-sensors-reduce-costs-for-waste-collection-by-20/>
- [7] D. Haryanto dan R. I. Wijaya, “Tempat sampah membuka dan menutup otomatis menggunakan sensor inframerah berbasis arduino uno,” *J. Manaj. Dan Tek. Inform. JUMANTAKA*, vol. 3, no. 1, 2020.
- [8] J. P. Perdana dan 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, hlm. 104–117, 2023.