Integrasi *IoT* untuk Pemilahan Sampah Basah dan Kering Menggunakan ESP32 dengan Notifikasi Melalui Telegram

Nona Dinar[1], Abdi Pandu Kusuma[2], Sabitul Kirom[3]
Program Studi Sistem Komputer, Universitas Islam Balitar Blitar
e-mail: nonadinar@gmail.com[1], pans.uib1blitar@gmail.com[2], sabitulkirom@gmail.com[3]

Kata Kunci:

Internet of Things
ESP32
Pemilahan Sampah
Sensor Air
Telegram

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemilahan sampah basah dan kering berbasis *Internet of Things (IoT*) menggunakan ESP32 dengan notifikasi melalui Telegram. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) yang meliputi identifikasi potensi dan masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, validasi, pengujian, serta evaluasi produk. Sistem dikembangkan menggunakan sensor air untuk mendeteksi karakteristik sampah, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi keberadaan objek, *load cell* yang terintegrasi dengan modul HX711 untuk mengukur berat sampah, serta motor servo sebagai mekanisme pemilahan. Informasi kondisi tempat sampah dikirimkan secara *real-time* melalui aplikasi Telegram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemilahan sampah secara otomatis sesuai kondisi basah dan kering serta mengirimkan notifikasi ketika kapasitas tempat sampah telah mencapai batas yang ditentukan. Berdasarkan hasil validasi ahli diperoleh tingkat kelayakan sebesar 71,2%, sedangkan hasil uji pengguna memperoleh nilai 81,2%, sehingga sistem termasuk dalam kategori layak untuk diterapkan sebagai prototipe pemilahan sampah berbasis *IoT* di lingkungan perkantoran.

Keyword:

Internet of Things
ESP32
Waste Sorting
Water Sensor
Telegram

ABSTRACT

This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based wet and dry waste sorting system using ESP32 with Telegram notifications. The research employed the Research and Development (R&D) method, which includes problem identification, data collection, system design, validation, testing, and product evaluation. The developed system utilizes a water sensor to detect waste conditions, an HC-SR04 ultrasonic sensor to identify object presence, a load cell integrated with the HX711 module to measure waste weight, and a servo motor to direct waste into the appropriate container. Information regarding the waste bin condition is transmitted to users in real time through Telegram. The results demonstrate that the proposed system successfully performs automatic waste sorting based on wet and dry characteristics while sending notifications when the waste bin reaches its predefined capacity. Expert validation yielded a feasibility score of 71.2%, while user evaluation achieved 81.2%, indicating that the developed system is feasible as an IoT-based waste sorting prototype for office environments.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah masih menjadi salah satu tantangan dalam menjaga kebersihan dan keberlanjutan lingkungan, terutama pada tahap pemilahan sampah sejak dari sumbernya. Pencampuran sampah basah dan kering menyebabkan proses pengolahan menjadi kurang efektif karena meningkatkan risiko pembusukan, menimbulkan bau tidak sedap, serta menurunkan potensi pemanfaatan kembali material yang masih dapat didaur ulang. Kondisi tersebut masih banyak dijumpai di lingkungan perkantoran yang menghasilkan sampah dari aktivitas harian pegawai sehingga diperlukan sistem yang mampu mendukung proses pemilahan secara otomatis dan efisien [1].

Salah satu instansi yang menghadapi permasalahan tersebut adalah Dinas Ketahanan Pangan Kabupaten Tulungagung. Berdasarkan hasil observasi, aktivitas pegawai yang didominasi penggunaan layanan pesan antar makanan menghasilkan sampah berupa sisa makanan, kemasan plastik, dan kertas. Selain itu, penyelenggaraan bazar pangan secara berkala turut meningkatkan volume sampah yang harus ditangani oleh petugas kebersihan. Dengan jumlah 48 pegawai dan dua petugas kebersihan, proses pemilahan secara manual menjadi kurang efektif sehingga diperlukan pemanfaatan teknologi yang mampu membantu proses pemilahan sekaligus memberikan informasi kondisi tempat sampah secara *real-time*.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (*IoT*) memungkinkan berbagai perangkat saling terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu melakukan proses pemantauan, pengendalian, dan pertukaran data secara otomatis. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam implementasi *IoT* adalah ESP32 karena memiliki konektivitas *Wi-Fi* terintegrasi, kemampuan pemrosesan yang baik, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan aktuator [2], [3].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pengelolaan sampah berbasis *Internet of Things* (IoT). Maulida et al. mengembangkan sistem *smart trash bin monitoring* berbasis ESP32 dan *Firebase* yang mampu memantau kondisi tempat sampah secara *real-time* [4]. Prayoga mengembangkan sistem monitoring dan pengelolaan sampah berbasis *Internet of Things* menggunakan *Google Firebase* sebagai layanan *cloud* untuk meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi tempat sampah [5]. Selain itu, Adrian et al. menerapkan konsep *Internet of Things* untuk mengoptimalkan penggunaan tempat sampah sehingga proses pengelolaan sampah menjadi lebih efisien [6].

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada fungsi tertentu, seperti pemantauan kapasitas tempat sampah, pemilahan menggunakan sensor tertentu, atau pengiriman notifikasi. Belum banyak penelitian yang mengintegrasikan sensor air sebagai pendeteksi sampah basah dan kering, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi objek, *load cell* dengan modul HX711 untuk memantau berat sampah, motor servo sebagai mekanisme pemilahan, serta Telegram sebagai media notifikasi dalam satu sistem berbasis ESP32 [6], [7].

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

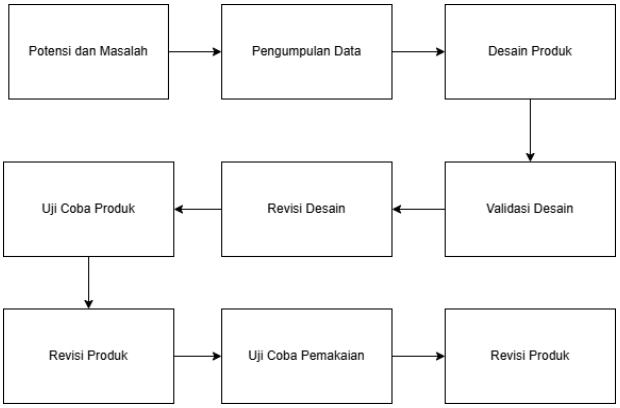
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemilahan sampah basah dan kering berbasis *Internet of Things* (*IoT*) menggunakan ESP32 dengan notifikasi melalui Telegram. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu melakukan pemilahan sampah secara otomatis berdasarkan kondisi basah dan kering, memantau kapasitas tempat sampah melalui *load cell*, serta mengirimkan informasi kondisi tempat sampah kepada pengguna *secara real-time*, sehingga dapat mendukung pengelolaan sampah yang lebih efektif di lingkungan perkantoran.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan prototipe sistem pemilahan sampah basah dan kering berbasis *Internet of Things* (*IoT*) menggunakan ESP32. Metode R&D dipilih karena penelitian ini tidak hanya menghasilkan rancangan sistem, tetapi juga melibatkan proses pengembangan, pengujian, evaluasi, dan penyempurnaan produk hingga diperoleh prototipe yang layak diterapkan. Model penelitian mengacu pada tahapan pengembangan yang dikemukakan oleh Sugiyono, kemudian disederhanakan menjadi enam tahapan agar sesuai dengan ruang lingkup penelitian prototipe [8].

Penelitian dilaksanakan di Dinas Ketahanan Pangan Kabupaten Tulungagung pada periode Januari hingga Juni 2026. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan hasil observasi yang menunjukkan bahwa proses pemilahan sampah masih dilakukan secara manual sehingga diperlukan suatu sistem yang mampu membantu proses pemilahan serta memberikan informasi kondisi tempat sampah secara otomatis kepada pengguna.

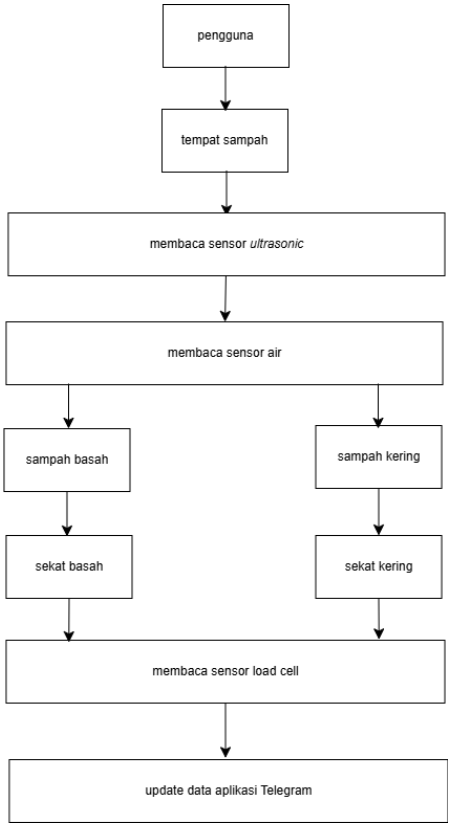
Tahapan penelitian terdiri atas analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan prototipe, pengujian sistem, evaluasi dan penyempurnaan, serta penarikan kesimpulan. Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi lapangan dan identifikasi kebutuhan pengguna terhadap sistem pemilahan sampah. Tahap perancangan sistem menghasilkan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang menjadi dasar dalam pembangunan prototipe. Diagram tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan rancangan sistem secara keseluruhan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Tahap Penelitian

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

Pada tahap perancangan, sistem dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor air, load cell yang diintegrasikan dengan modul HX711, motor servo, serta aplikasi Telegram sebagai media notifikasi. Sensor ultrasonik berfungsi mendeteksi keberadaan objek yang akan dibuang, sedangkan sensor air digunakan untuk mengidentifikasi kondisi sampah sebagai basah atau kering. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan motor servo sehingga sampah diarahkan ke wadah yang sesuai. Berat sampah pada masing-masing wadah dipantau menggunakan load cell, kemudian informasi kapasitas tempat sampah dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram secara real-time. Arsitektur sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok

Tahap pengembangan prototipe dilakukan dengan merakit seluruh komponen perangkat keras dan mengimplementasikan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE. Setelah prototipe selesai dibangun, dilakukan pengujian terhadap setiap komponen untuk memastikan seluruh perangkat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian meliputi sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mendeteksi objek, sensor air dalam mengidentifikasi kondisi sampah, load cell dalam mengukur berat sampah, motor servo sebagai aktuator pemilah, serta Telegram dalam mengirimkan notifikasi kondisi tempat sampah kepada pengguna secara *real-time*. Selanjutnya dilakukan validasi oleh ahli dan uji pengguna untuk mengetahui tingkat kelayakan sistem yang dikembangkan.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

Data hasil validasi dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase kelayakan berdasarkan skor yang diperoleh dibandingkan dengan skor maksimum [9]. Persentase kelayakan dihitung menggunakan Persamaan (1).

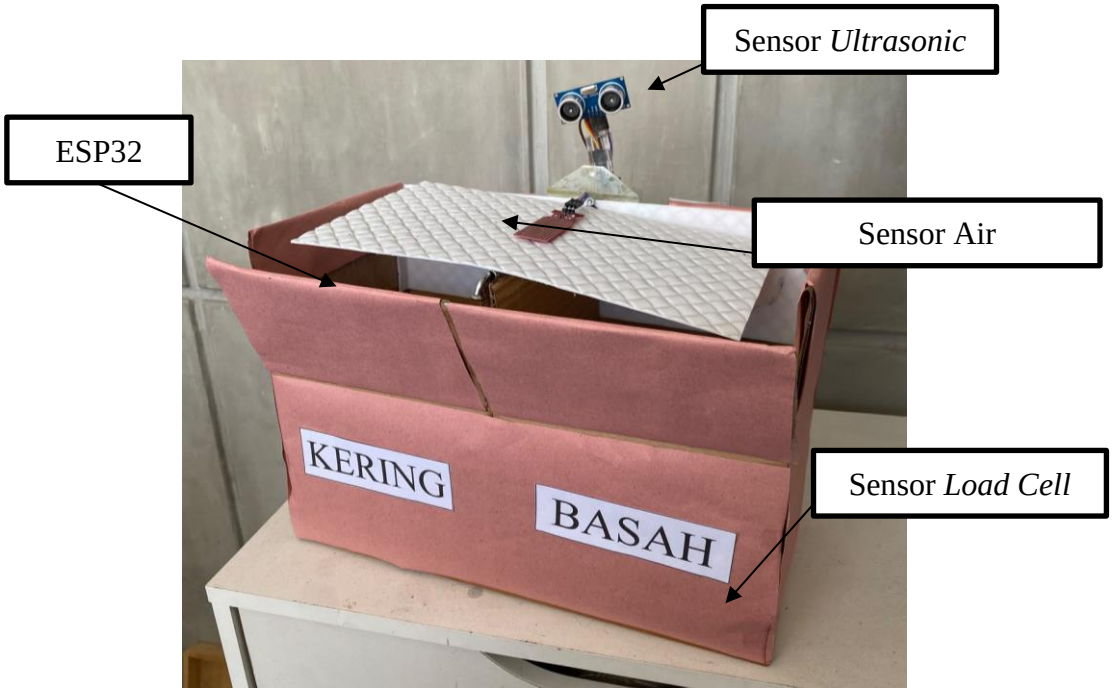
$$Presentase\ Kelayakan = \frac{\sum Skor\ yang\ diperoleh}{\sum Skor\ maksimum} x100\%$$

Nilai persentase kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori kelayakan untuk menentukan tingkat kelayakan sistem yang telah dikembangkan sebagai prototipe pemilahan sampah berbasis *Internet of Things*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Berdasarkan rancangan sistem yang telah disusun pada tahap sebelumnya, prototipe sistem pemilahan sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil direalisasikan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama. Sistem mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan objek, sensor air untuk mengidentifikasi kondisi sampah, motor servo sebagai aktuator pemilah, *load cell* yang terhubung dengan modul HX711 untuk memantau berat sampah, serta aplikasi Telegram sebagai media notifikasi. Implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Prototipe Sistem Pengolahan Sampah

Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama karena mampu mengintegrasikan seluruh sensor dan aktuator dalam satu mikrokontroler. Sensor HC-SR04

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek sebelum proses identifikasi dilakukan oleh sensor air. Penggunaan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek pada sistem berbasis ESP32 telah banyak diterapkan pada berbagai aplikasi Internet of Things karena mampu melakukan pengukuran jarak secara cepat dan stabil [11]. Hasil identifikasi kemudian digunakan ESP32 untuk mengendalikan motor servo sehingga sampah diarahkan ke wadah yang sesuai. Berat sampah dipantau menggunakan *load cell* yang terhubung dengan modul HX711, sedangkan informasi kapasitas tempat sampah dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram secara *real-time*.

Prototipe yang telah direalisasikan mampu mengintegrasikan seluruh komponen sesuai dengan rancangan sistem. Seluruh sensor dan aktuator berfungsi sebagai satu kesatuan sehingga proses pemilahan sampah dapat dilakukan secara otomatis, sedangkan informasi kapasitas tempat sampah dapat dipantau melalui Telegram.

Pengujian Sistem

Tabel 1. Hasil Pengujian Setiap Komponen

Komponen	Parameter Pengujian	Hasil	Keterangan
HC-SR04	Deteksi objek ≤15 cm	Berhasil	Objek terdeteksi sesuai jarak
Sensor Air	Identifikasi basah/kering	Berhasil	Pembacaan sesuai kondisi sampah
Servo	Pergerakan ke dua wadah	Berhasil	Sudut servo sesuai program
Load Cell	Pengukuran berat	Berhasil	Pembacaan stabil
Telegram	Pengiriman notifikasi	Berhasil	Pesan diterima real-time

Pengujian dilakukan terhadap setiap komponen penyusun sistem untuk memastikan seluruh perangkat bekerja sesuai fungsi yang dirancang. Berdasarkan Tabel 1, seluruh komponen berhasil beroperasi dengan baik sehingga sistem dapat menjalankan proses pemilahan sampah secara otomatis.

Tabel 2 Hasil Validasi

Jenis Pengujian	Persentase	Kategori
Validasi Ahli	71,2%	Layak
Uji Pengguna	81,2%	Sangat Layak

Persentase validasi ahli sebesar 71,2% menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi aspek fungsional, meskipun masih terdapat beberapa masukan untuk penyempurnaan prototipe. Sementara itu, hasil uji pengguna sebesar 81,2% menunjukkan bahwa sistem mudah digunakan dan mampu membantu proses pemilahan sampah di lingkungan perkantoran.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dengan sensor HC-SR04, sensor air, motor servo, *load cell*, dan Telegram mampu menghasilkan sistem pemilahan sampah yang bekerja secara otomatis mulai dari proses pendeteksian objek, identifikasi kondisi sampah, pemilahan, hingga pengiriman notifikasi kepada pengguna. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

penerapan *Internet of Things* dapat meningkatkan efektivitas proses pemilahan sampah melalui otomatisasi dan pemantauan kondisi tempat sampah secara *real-time* [10], [11].

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang memanfaatkan ESP32 sebagai pengendali utama pada sistem pengelolaan sampah berbasis IoT [4]. Namun demikian, penelitian ini memiliki perbedaan karena tidak hanya melakukan pemantauan kapasitas tempat sampah, tetapi juga mengintegrasikan sensor air sebagai pendeteksi kondisi sampah basah dan kering serta motor servo sebagai mekanisme pemilahan otomatis. Integrasi tersebut memungkinkan proses pemilahan dilakukan secara langsung tanpa memerlukan pemisahan manual oleh pengguna [5], [12].

Selain itu penggunaan *load cell* yang terhubung dengan modul HX711 memberikan kemampuan tambahan berupa pemantauan kapasitas tempat sampah berdasarkan berat sampah yang terkumpul. Pendekatan ini juga sejalan dengan penelitian mengenai sistem *smart waste* berbasis ESP32 [13]. Informasi tersebut kemudian dikirimkan kepada pengguna melalui Telegram sehingga kondisi tempat sampah dapat diketahui secara cepat tanpa harus dilakukan pemeriksaan secara langsung. Pemanfaatan Telegram sebagai media notifikasi juga telah diterapkan pada berbagai sistem monitoring berbasis Internet of Things [6], [15], sekaligus memperluas fungsinya dengan menggabungkan proses pemilahan dan pemantauan dalam satu sistem terpadu sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah [14].

Meskipun prototipe telah menunjukkan kinerja yang baik dan memperoleh kategori Layak berdasarkan validasi ahli serta Sangat Layak berdasarkan penilaian pengguna, penelitian ini masih memiliki keterbatasan. Pengujian dilakukan pada skala prototipe dengan variasi sampah yang terbatas sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasional di lapangan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi sistem dalam skala yang lebih besar, penambahan metode identifikasi berbagai jenis sampah, serta integrasi dengan platform *IoT* lainnya [15] untuk meningkatkan fleksibilitas dan keandalan sistem.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem pemilahan sampah basah dan kering berbasis *Internet of Things* (*IoT*) menggunakan ESP32 yang mampu melakukan identifikasi kondisi sampah, pemilahan secara otomatis, pemantauan kapasitas tempat sampah, serta pengiriman notifikasi melalui Telegram secara real-time. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen sistem dapat berfungsi sesuai dengan rancangan sehingga proses pemilahan berlangsung secara otomatis.

Hasil validasi menunjukkan bahwa sistem memperoleh nilai kelayakan sebesar 71,2% berdasarkan penilaian ahli dengan kategori Layak, sedangkan hasil uji pengguna memperoleh nilai 81,2% dengan kategori Sangat Layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai media pendukung pengelolaan sampah di lingkungan perkantoran.

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

Penelitian ini memberikan kontribusi berupa integrasi sensor air, sensor ultrasonik HC-SR04, *load cell*, motor servo, dan Telegram dalam satu sistem berbasis ESP32 yang mampu melakukan pemilahan sekaligus pemantauan kondisi tempat sampah secara otomatis. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada implementasi sistem dalam skala yang lebih besar, penambahan metode identifikasi jenis sampah yang lebih beragam, serta integrasi dengan platform IoT lainnya untuk meningkatkan fleksibilitas dan keandalan sistem.

DAFTAR RUJUKAN

[1] S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata, and F. Van Woerden, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC, USA: World Bank, 2018.

[2] A. Khanna and S. Kaur, "Internet of Things (IoT), Applications and Challenges: A Comprehensive Review," *Wireless Personal Communications*, vol. 114, no. 2, pp. 1687–1762, 2020.

[3] Espressif Systems, *ESP32 Technical Reference Manual*, Version 5.x, Shanghai, China, 2024.

[4] A. Maulida, C. S. Fayzalmi, F. A. C. Anaam, D. Ardiansyah, M. A. Gunawan, and N. Ridwan, "Design of IoT-Based Smart Trash Bin Monitoring Using ESP32 and Firebase," *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI)*, vol. 4, no. 2, pp. 420–428, 2025, doi: 10.62712/juktisi.v4i2.420.

[5] M. W. Prayoga, "Sistem Monitoring dan Pengelolaan Sampah Berbasis IoT dan Cloud Menggunakan Google Firebase pada Tempat Sampah Pintar," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.7175.

[6] A. Adrian, M. Saleh, Syaifurrahman, and Supriono, "Optimization of Trash Bin Usage Based on Internet of Things (IoT)," *Telecommunications, Computers, and Electricals Engineering Journal (TELECTRICAL)*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.26418/telectrical.v2i1.77615.

[7] P. T. A. Quang, "IoT-Based Waste Collection Management System for Smart Cities: An Overview," in *Proc. International Conference on Communication and Computing*, IEEE, 2019, doi: 10.1109/ICCMC.2019.8819776.

[8] Sugiyono, *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D).* Bandung: Alfabeta, 2019.

[9] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.

[10] K. D. Irianto and T. N. Pratama, "Smart Waste Bin System: An Implementation of IoT Technology for Waste Management," *Engineering Archive (EngrXiv Preprint)*, 2026, doi: 10.31224/6829.

[11] S. Sujono and M. Rusli, "Implementasi Sistem Peringatan Banjir Dini dengan Sensor HC-SR04 Berbasis ESP32 Internet of Things," *Computer Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 41–51, 2026, doi: 10.58477/cj.v4i1.385.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

[12] I. Hanan, A. A. N. Gunawan, and M. Sumadiyasa, "Water Level Detection System Based on Ultrasonic Sensors HC-SR04 and ESP8266 Modules with Telegram Communication Media," *Instrumentation Mesure Métrologie*, vol. 18, no. 3, pp. 305–309, 2019.

[13] M. W. Prayoga, "Sistem Monitoring dan Controlling 'Smart Waste' Berbasis Internet of Things Menggunakan Modul ESP32," *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering*, vol. 5, no. 2, 2024.

[14] O. Poedji, "Implementation of an ESP32-Based Waste Bin Monitoring System for Management Efficiency at Bank Sampah KHALISA Cipedak," *Babakti: Journal of Community Engagement*, vol. 3, no. 1, 2026, doi: 10.35706/babakti.v3i1.13195.

[15] H. Hafni, M. Zen, and Irwan, "Implementation of an Internet of Things (IoT)-Based Water Level Monitoring System Using Ultrasonic Sensors and the Blynk Application," *Proceedings of International Conference on Islamic Community Studies*, 2025.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076