



Smart Trash Bin Berbasis Internet of Things untuk Pemantauan Kapasitas Sampah Menggunakan Algoritma Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy pada Wireless Sensor Network

Ashabul, La Ode Muhammad Golok Jaya, Achmad Nur Aliansyah, Subardin

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

ashabulkahfi260104@gmail.com, laodemgj@uho.ac.id, ahmadnuraliansyah@uho.ac.id, subardin@uho.ac.id

Abstrak

Pengelolaan sampah pada Tempat Penampungan Sementara (TPS) memerlukan sistem pemantauan yang mampu memberikan informasi kapasitas dan berat sampah secara terukur. Penggunaan beberapa node sensor pada jaringan nirkabel juga menghadapi keterbatasan daya baterai ketika sistem dioperasikan secara terus-menerus. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem Smart Trash Bin berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan algoritma Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) pada Wireless Sensor Network (WSN) untuk memantau kondisi sampah pada enam titik TPS. Sistem menggunakan ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur kapasitas sampah, serta sensor load cell dan modul HX711 untuk mengukur berat sampah. Komunikasi antar-node menggunakan ESP-NOW, sedangkan Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) dan ThingSpeak digunakan untuk pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data. Pengujian meliputi akurasi sensor, perubahan tegangan baterai, dan kinerja transmisi data. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error sensor ultrasonik sebesar 9,43% dan sensor load cell sebesar 10,09%. Selama pengujian 20 menit, rata-rata penurunan tegangan baterai sebesar 0,57 V dengan LEACH dan 1,25 V tanpa LEACH. Pengujian transmisi menunjukkan 16 dari 18 data berhasil diterima dan ditampilkan pada sistem monitoring. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi kapasitas dan berat sampah serta menunjukkan perbedaan perubahan tegangan baterai antara penerapan LEACH dan tanpa LEACH.

Kata kunci: Pemantauan Kapasitas Sampah, Internet of Things, Wireless Sensor Network, LEACH

Abstract

Waste management at Temporary Waste Disposal Sites (TPS) requires a monitoring system capable of providing information on waste capacity and weight in a measurable manner. The use of multiple sensor nodes in wireless networks also faces battery limitations during continuous operation. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based Smart Trash Bin using the Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) algorithm on a Wireless Sensor Network (WSN) to monitor waste conditions at six TPS points. The system uses ESP32, an HC-SR04 ultrasonic sensor to measure waste capacity, and a load cell with an HX711 module to measure waste weight. Communication between nodes uses ESP-NOW, while Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) and ThingSpeak are used for data transmission, storage, and visualization. Testing includes sensor accuracy, battery voltage changes, and data transmission performance. The results show an average ultrasonic sensor error of 9.43% and an average load cell error of 10.09%. During a 20-minute test, the average battery voltage decrease was 0.57 V with LEACH and 1.25 V without LEACH. Transmission testing showed that 16 of 18 data transmissions were successfully received and displayed on the monitoring system. The results indicate that the developed system can provide information on waste capacity and weight and demonstrate differences in battery voltage changes between LEACH and non-LEACH communication scenarios.

Keywords: Waste Capacity Monitoring, Internet of Things, Wireless Sensor Network, LEACH

1. Pendahuluan

Pengelolaan sampah pada Tempat Penampungan Sementara (TPS) masih menghadapi kendala dalam pemantauan kondisi sampah. Di Kota Kendari, peningkatan jumlah timbulan sampah dan keterbatasan sarana pengelolaan menjadi salah satu permasalahan dalam menjaga kondisi TPS. Pada awal tahun 2025, jumlah timbulan sampah harian tercatat sekitar 243 ton. Selain itu, proses pengangkutan sampah masih banyak dilakukan berdasarkan jadwal dan pengamatan langsung petugas, sehingga informasi mengenai kondisi sampah pada TPS belum dapat

diketahui secara aktual. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem yang dapat memberikan informasi kapasitas dan berat sampah secara lebih cepat dan terukur.

Internet of Things (IoT) dapat digunakan untuk membantu proses pemantauan kondisi tempat sampah secara aktual. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan Smart Trash Bin berbasis IoT yang mampu memantau tingkat pengisian sampah dan mengirimkan data ke sistem monitoring (Ismail et al., 2021). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemantauan volume sampah pada TPS dapat dilakukan secara real-time menggunakan teknologi IoT (Wahjuni & Zakiah, 2022). Penggunaan IoT dengan protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) dan platform cloud juga dapat mendukung proses pengiriman dan visualisasi data dari perangkat sensor (Fouguira et al., 2025; Hendradi & Wahyono, 2025). Namun, sebagian penelitian tersebut lebih berfokus pada pemantauan volume atau tingkat keterisian sampah. Dalam penelitian ini, informasi yang dipantau tidak hanya kapasitas sampah, tetapi juga berat sampah menggunakan sensor load cell.

Selain masalah pemantauan, penggunaan beberapa node sensor dalam jaringan nirkabel juga menghadapi keterbatasan energi. Setiap node membutuhkan energi untuk melakukan pengukuran dan mengirimkan data, sehingga penggunaan jaringan secara terus-menerus dapat menyebabkan baterai lebih cepat berkurang. Algoritma Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) menggunakan mekanisme pengelompokan node dan pemilihan Cluster Head (CH) untuk mengurangi beban komunikasi pada jaringan sensor (Aimah et al., 2022). Penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan LEACH dapat digunakan pada jaringan sensor untuk mendukung penggunaan energi (Hariyadi et al., 2021). Oleh karena itu, penerapan LEACH digunakan dalam penelitian ini pada jaringan sensor yang terdiri dari enam node TPS.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan Smart Trash Bin berbasis IoT yang menggabungkan sensor ultrasonik untuk mengukur kapasitas sampah dan load cell untuk mengukur berat sampah pada enam titik TPS. Komunikasi antar-node dilakukan menggunakan ESP-NOW dengan mekanisme klusterisasi LEACH, sedangkan MQTT digunakan untuk mengirimkan data hasil pengolahan ke sistem monitoring dan ThingSpeak digunakan untuk menyimpan serta memvisualisasikan data. Penelitian ini juga melakukan pengujian terhadap akurasi sensor, perubahan tegangan baterai, dan kinerja transmisi data. Kebaruan penelitian terletak pada penggabungan pemantauan kapasitas dan berat sampah dengan penerapan LEACH pada jaringan sensor untuk sistem Smart Trash Bin di TPS.

2. Metode Penelitian

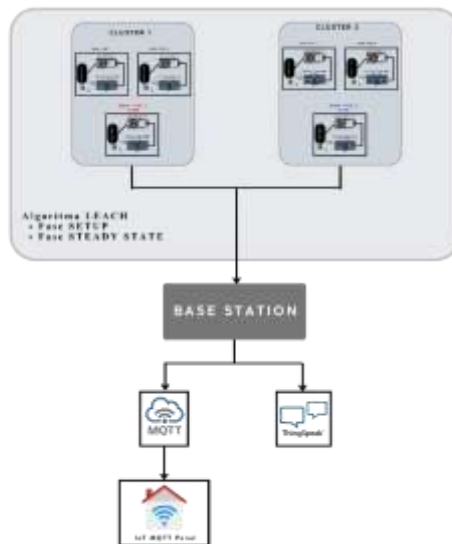
Penelitian ini dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, pengembangan sistem, dan pengujian sistem. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan observasi. Studi literatur digunakan untuk memperoleh referensi yang berkaitan dengan Smart Trash Bin, Internet of Things (IoT), Wireless Sensor Network (WSN), algoritma Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH), sensor ultrasonik, sensor load cell, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), dan ThingSpeak. Observasi dilakukan dengan meninjau kondisi Tempat Penampungan Sementara (TPS), meliputi kondisi bak sampah, pola penumpukan, jarak antar titik pengamatan, serta kondisi lingkungan yang berkaitan dengan pemasangan sensor dan komunikasi WSN.

Pengembangan sistem menggunakan metode Prototyping Modelling yang terdiri atas tahap Communication, Quick Plan, Modelling Quick design, Construction of prototype, Deployment Delivery & Feedback, dan Communication.



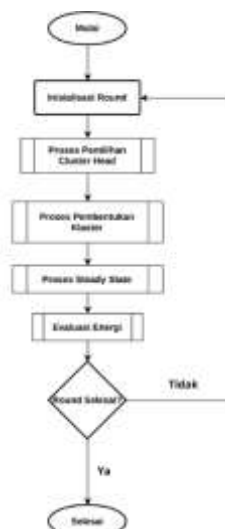
Gambar 1. Prototyping Modelling

Pada tahap Communication dilakukan identifikasi permasalahan dan kebutuhan sistem berdasarkan kondisi lapangan. Tahap Quick Plan digunakan untuk menentukan kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, dan alur kerja sistem. Selanjutnya, tahap Modelling digunakan untuk membuat rancangan sistem dan komunikasi antar-node. Tahap pembentukan prototipe dilakukan dengan merakit sistem menggunakan ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor load cell, dan modul HX711. Sistem terdiri atas enam node sensor yang ditempatkan pada enam titik TPS. Komunikasi antar-node menggunakan ESP-NOW dengan penerapan algoritma LEACH untuk pemilihan Cluster Head (CH) dan pembentukan klaster. Data hasil pengukuran diteruskan melalui MQTT dan divisualisasikan menggunakan ThingSpeak. Tahap Deployment, Delivery, and Feedback dilakukan dengan menguji prototipe pada kondisi lapangan serta melakukan evaluasi terhadap hasil pengujian.



Gambar 2. Blok Diagram

Penerapan algoritma LEACH dilakukan melalui dua fase utama, yaitu Setup Phase dan Steady-State Phase. Pada Setup Phase, setiap node melakukan proses pemilihan Cluster Head berdasarkan nilai threshold. Node yang terpilih sebagai Cluster Head mengirimkan pesan Cluster Head Advertisement kepada node lain. Node anggota kemudian memilih Cluster Head dan mengirimkan Join Request untuk membentuk klaster. Setelah klaster terbentuk, Cluster Head memberikan jadwal komunikasi kepada node anggota. Pada Steady-State Phase, node sensor melakukan pengukuran dan mengirimkan data kepada Cluster Head sesuai jadwal. Cluster Head menerima dan mengagregasi data. Pada akhir round dilakukan evaluasi energi untuk mendukung rotasi Cluster Head pada round berikutnya.



Gambar 3. Algoritma LEACH

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor, penggunaan energi node, dan kinerja transmisi data. Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual pada kondisi kapasitas 50%, 75%, dan 100%. Pengujian sensor load cell dilakukan menggunakan beberapa variasi beban dan membandingkan hasil pembacaan dengan timbangan manual. Pengujian perubahan tegangan baterai dilakukan dengan membandingkan sistem menggunakan LEACH dan tanpa LEACH pada periode pengujian yang sama. Pengujian transmisi data dilakukan dengan mengamati keberhasilan pengiriman data dari node menuju sistem monitoring melalui MQTT dan ThingSpeak, dengan parameter berupa keberhasilan penerimaan, konsistensi pengiriman, dan kesesuaian data yang ditampilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Implementasi Sistem

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem Smart Trash Bin berhasil direalisasikan menggunakan enam node sensor yang ditempatkan pada TPS 1 sampai TPS 6. Setiap node menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur kapasitas sampah, serta sensor load cell dan modul HX711 untuk mengukur berat sampah. Komunikasi antar-node dilakukan menggunakan ESP-NOW dengan penerapan algoritma Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH). Data hasil pengukuran yang telah diterima pada sisi sistem kemudian diteruskan melalui protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) dan ditampilkan pada ThingSpeak serta aplikasi IoT MQTT Panel. Hasil implementasi perangkat keras dan perangkat lunak menunjukkan bahwa komponen yang dirancang dapat menjalankan fungsi pengukuran, komunikasi, dan monitoring sesuai dengan kebutuhan sistem.

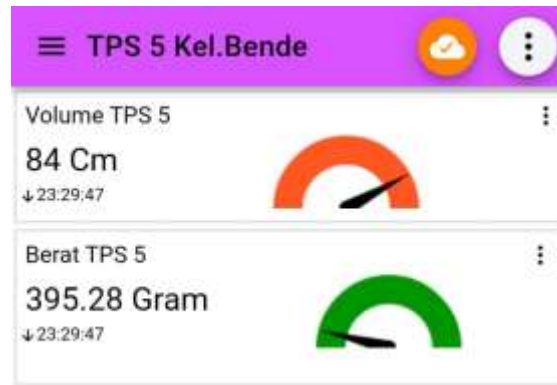


Gambar 4. Implementasi Smart Trash Bin

Gambar 4 menunjukkan hasil implementasi alat yang digunakan dalam penelitian. Prototipe terdiri atas perangkat pengukuran dan komunikasi yang terintegrasi dalam satu sistem. Setiap node menghasilkan data berupa persentase kapasitas dan berat sampah yang selanjutnya digunakan sebagai data monitoring.



Gambar 5. Output ThingSpeak



Gambar 6. Output Aplikasi IoT MQTT Panel

Hasil visualisasi pada ThingSpeak menunjukkan bahwa data sensor dapat diterima dan ditampilkan dalam bentuk grafik berdasarkan waktu pengiriman. Sementara itu, IoT MQTT Panel digunakan untuk menampilkan nilai volume dan berat sampah dari masing-masing TPS melalui koneksi MQTT. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi komunikasi sensor dengan platform monitoring dapat digunakan untuk menampilkan kondisi masing-masing node TPS.

2. Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan pada tiga kondisi kapasitas sampah, yaitu 50%, 75%, dan 100%. Setiap kondisi diuji sebanyak lima kali dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai referensi hasil pengukuran manual. Nilai kesalahan dihitung berdasarkan selisih antara hasil pembacaan sensor dan nilai referensi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Kondisi Kapasitas	Jumlah Percobaan	Rata-Rata Error
50%	5	17,11%
75%	5	10,77%
100%	5	0,42%
Rata-Rata Keseluruhan	15	9,43%

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata error sensor ultrasonik pada kondisi kapasitas 50% sebesar 17,11%, pada kapasitas 75% sebesar 10,77%, dan pada kapasitas 100% sebesar 0,42%. Dari keseluruhan 15 kali pengujian diperoleh rata-rata error sebesar 9,43%. Nilai error yang berbeda pada setiap kondisi menunjukkan adanya perbedaan hasil pembacaan sensor terhadap nilai referensi pada masing-masing tingkat kapasitas.

3. Pengujian Akurasi Sensor Load Cell

Pengujian sensor load cell dilakukan menggunakan tiga variasi beban referensi, yaitu 200 gram, 400 gram, dan 500 gram. Setiap variasi beban diuji sebanyak lima kali. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan nilai beban referensi untuk mengetahui persentase error pada setiap pengujian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi Sensor Load Cell

Beban Referensi (gram)	Jumlah Percobaan	Rata-Rata Error
200	5	1,70%
400	5	12,17%
500	5	16,40%
Rata-Rata Keseluruhan	15	10,09%

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata error pada beban 200 gram sebesar 1,70%, pada beban 400 gram sebesar 12,17%, dan pada beban 500 gram sebesar 16,40%. Rata-rata error dari keseluruhan 15 kali pengujian diperoleh sebesar 10,09%. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan hasil pembacaan sensor terhadap nilai beban referensi pada setiap variasi beban.

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14043>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

4. Pengujian Perubahan Tegangan Baterai

Pengujian perubahan tegangan baterai dilakukan pada enam node sensor dengan membandingkan dua kondisi komunikasi, yaitu dengan penerapan algoritma LEACH dan tanpa penerapan LEACH. Kedua pengujian dilakukan selama 20 menit dengan mencatat tegangan awal dan tegangan akhir setiap node. Perubahan tegangan dihitung berdasarkan selisih antara tegangan awal dan tegangan akhir.

Tabel 3. Perbandingan Perubahan Tegangan Baterai

Node	ΔV dengan LEACH (V)	ΔV Tanpa LEACH (V)
1	0,48	1,06
2	0,92	0,52
3	0,81	1,67
4	0,07	1,66
5	0,48	1,06
6	0,64	1,55
Rata-Rata Keseluruhan	0,57	1,25

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata penurunan tegangan baterai selama 20 menit pada sistem dengan LEACH sebesar 0,57 V, sedangkan pada sistem tanpa LEACH sebesar 1,25 V. Selisih rata-rata penurunan tegangan kedua kondisi tersebut sebesar 0,68 V. Pada skenario dengan LEACH, penurunan tegangan terbesar terjadi pada TPS 2 sebesar 0,92 V dan terkecil pada TPS 4 sebesar 0,07 V. Sementara itu, pada skenario tanpa LEACH, penurunan terbesar terjadi pada TPS 3 sebesar 1,67 V dan terkecil pada TPS 2 sebesar 0,52 V.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa selama periode pengujian yang sama terdapat perbedaan perubahan tegangan baterai antara kedua skenario. Pengujian ini menggunakan perubahan tegangan sebagai indikator penggunaan baterai, sehingga belum mengukur konsumsi energi secara langsung dalam satuan Joule atau Wh.

5. Pengujian Kinerja Transmisi Data MQTT

Pengujian transmisi dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data sensor dari node menuju sistem monitoring. Data hasil pembacaan sensor dikirim menggunakan protokol MQTT dan diamati pada IoT MQTT Panel serta ThingSpeak. Parameter pengamatan meliputi keberhasilan penerimaan data, kesesuaian nilai data, dan keberhasilan data ditampilkan pada platform monitoring.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Pengujian Transmisi Data MQTT

Parameter	Hasil
Jumlah data dikirim	18
Data berhasil diterima	16
Data tidak diterima	2
Persentase keberhasilan	88,89%

Berdasarkan Tabel 4, dari 18 data yang dikirim terdapat 16 data yang berhasil diterima dan ditampilkan pada sistem monitoring, sedangkan 2 data tidak berhasil diterima. Dengan demikian, persentase keberhasilan transmisi sebesar 88,89%. Data yang berhasil diterima menunjukkan kesesuaian nilai antara data yang dikirim dengan data yang ditampilkan pada IoT MQTT Panel dan ThingSpeak. Dua data pada TPS 1 tidak berhasil diterima pada kedua platform monitoring.

Hasil visualisasi ThingSpeak menunjukkan bahwa data yang berhasil diterima dapat ditampilkan dalam bentuk grafik berdasarkan waktu pengiriman. Pada IoT MQTT Panel, data volume dan berat juga dapat ditampilkan sesuai dengan nilai yang dikirim oleh sistem. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi MQTT dengan platform monitoring dapat digunakan untuk menerima dan menampilkan data hasil pembacaan sensor dari node Smart Trash Bin.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem Smart Trash Bin berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan algoritma Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) pada Wireless Sensor Network (WSN) berhasil diterapkan pada enam node TPS. Sistem mampu memperoleh informasi kapasitas dan berat sampah menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor load cell dengan ESP32 sebagai mikrokontroler. Integrasi protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) dan ThingSpeak juga berhasil digunakan untuk pengiriman dan visualisasi data sensor. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error sensor ultrasonik sebesar 9,43% dari 15 kali pengujian, sedangkan sensor load cell menghasilkan rata-rata error sebesar 10,09% dari 15 kali pengujian. Pengujian transmisi menunjukkan 16 dari 18 data berhasil diterima dan ditampilkan pada sistem monitoring dengan persentase keberhasilan sebesar 88,89%. Pengujian perubahan tegangan baterai selama 20 menit menunjukkan rata-rata penurunan sebesar 0,57 V dengan LEACH dan 1,25 V tanpa LEACH, sehingga terdapat selisih penurunan tegangan sebesar 0,68 V. Informasi kapasitas dan berat sampah yang dihasilkan dapat digunakan sebagai data pendukung dalam pemantauan kondisi TPS dan pengambilan keputusan operasional pengangkutan sesuai SOP. Pengembangan selanjutnya dapat menggunakan pengukuran arus dan daya agar konsumsi energi node dapat dievaluasi secara langsung dan lebih terukur.

Reference

1. Aimah, R. N., Trisnawan, P. H., & Siregar, R. A. (2022). Studi Pengaruh Jumlah Cluster pada Wireless Sensor Network (WSN) menggunakan Protokol Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(10), 5043–5049.
2. Firdous, S., Bibi, N., Wahid, M., & Alhazmi, S. (2022). Efficient Clustering Based Routing for Energy Management in Wireless Sensor Network-Assisted Internet of Things. *Jurnal Electronics*, 11(3922), 1–13.
3. Fougura, S., Ammar, E., Haji, M. E., & Benhra, J. (2025). Internet of Things and Predictive Artificial Intelligence for SmartComposting Process in the Context of Circular Economy. *Jurnal Engineering Proceedings*, 97(16), 1–8.
4. Harianja, N. S., & Santoso, I. (2022). Optimasi Energi Pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Algoritme Leach. *Jurnal Undip*, 11(1), 9–16.
5. Hariyadi, A., Taufik, M., Hidayati, N., & Eka, A. (2021). Efisiensi Daya Perangkat Wireless Sensor Network Pada Penerangan Jalan Umum (PJU) Berbasis Algoritma Leach. *Techne Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 20(2), 101–112.
6. Hendradi, P., & Wahyono, A. (2025). Pemodelan Sistem Informasi Berbasis Iot Untuk Optimasi Pengelolaan Sampah Perkotaan (Studi Kasus: Pemantauan Level Tempat Sampah Pintar). *Jurnal TechLINK*, 9(April), 15–30.
7. Ismail, A. M., Abdullah, K. R., & Abdudussamad, S. (2021). Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JIEEE)*, 3(1), 7–12.
8. Isnawaty, Subardin, & Normawan, L. L. (2022). Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Menggunakan Metode Haversine Formula. *Digital Transformation Technology (Digitech)*, 2(2), 35–44.
9. Kurniawan, A. A., Hermanto, & Rahmawati, S. (2024). Smart Tong Sampah Pendeteksi Otomatis Sampah Organik & Anorganik Berbasis IoT Smart City. *Jurnal KomtekInfo*, 11(3), 163–172. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v11i3.564.163>
10. Marwanto, S., & Jeniyansah, F. R. (2024). Alat Pemantau Kondisi Pasien Menggunakan Arduino Uno Dengan Tampilan Grafik Terhubung Thingspeak. *JTe (Teknika)*, 9(April), 59–67.
11. Mohammed, K., Ommari, M., Salameh, K., & Alnoman, A. (2024). Energy-Efficient Clustering in Wireless Sensor Networks Using Grey Wolf Optimization and Enhanced CSMA/CA. *Jurnal Sensors*, 24(5234), 1–33.
12. Mukhammad, Y., Santika, A., & Haryuni, S. (2022). Analisis Akurasi Modul Amplifier HX711 untuk Timbangan Bayi. 1.
13. Nurjannah, Muchtar Mutmainnah, S. (2024). Perancangan Smart Trash Bin Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Arduino Di Sdn 5 Mawasangka, Buton Tengah. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 12(3), 1630–1640.
14. Prayoga, M. W., Gede, B., Yudistira, K., Studi, P., Komputer, I., & Ganesha, U. P. (2025). Sistem Monitoring Dan Pengelolaan Sampah Berbasis Iot Dan Cloud Menggunakan Google Firebase Pada Tempat Sampah Pintar. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 13(3), 1133–1141.
15. Supriyanto, G., & Kumara, A. (2024). Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT). 2(01), 62–68. <https://doi.org/10.55180/aei.v2i1.1024>
16. Wahjuni, S. R. I., & Zakiah, R. A. (2022). Sistem Pemantauan Volume Timbulan Sampah berbasis Internet of Things di Tempat Penampungan Sementara Kota Bogor. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, 9(2), 114–126.