

SISTEM MONITORING TEMPAT SAMPAH PINTAR DI KAMPUS UNIVERSITAS SULAWESI BARAT BERBASIS IOT DENGAN ALGORITMA FUZZY LOGIC

Rosmita, Heliawati Hamrul, Musawwir

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Sulawesi Barat
Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa, SH, Talumung, Banggae Timur, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat 91412
rosmitarusdi29@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan sampah di lingkungan kampus merupakan aspek penting dalam menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan. Namun, proses pemantauan tempat sampah yang masih dilakukan secara manual seringkali kurang efektif dan efisien. Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterlambatan penanganan ketika tempat sampah sudah penuh serta munculnya bau tidak sedap yang dapat mengganggu aktivitas civitas akademika. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan algoritma Fuzzy Logic guna meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik untuk mendeteksi tingkat kepenruhan, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas, serta sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban. Data yang diperoleh diolah menggunakan metode Fuzzy Logic melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi untuk menentukan kondisi tempat sampah. Hasil monitoring kemudian dikirimkan secara real-time melalui aplikasi Telegram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam membaca kondisi tempat sampah dan memberikan notifikasi secara akurat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan responsivitas dalam pengelolaan sampah di lingkungan kampus.

Kata kunci : *Internet of Things, Fuzzy Logic, Tempat Sampah Pintar, Monitoring Sampah, ESP32, Sensor IoT.*

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah sisa kegiatan manusia atau proses alam yang tidak berguna, bisa berupa organik maupun anorganik, dan dapat menimbulkan pencemaran serta bau jika dibuang sembarangan. Meskipun tempat sampah disediakan, masyarakat sering membuang sampah di sekitarnya saat tempat sampah penuh, sehingga menurunkan kualitas lingkungan [13].

Permasalahan sampah menjadi isu global yang terus berkembang karena berdampak pada kesehatan, lingkungan, dan kualitas hidup masyarakat [1]. Di institusi pendidikan tinggi, pengelolaan sampah tidak hanya berhubungan dengan kebersihan, tetapi juga menjadi bagian dari tanggung jawab sosial kampus dalam mendukung pembangunan berkelanjutan [7]. Sayangnya, banyak kampus masih mengandalkan metode konvensional dengan cara manual, seperti pemeriksaan berkala oleh petugas kebersihan tanpa dukungan teknologi monitoring [11]. Cara ini dinilai kurang efektif karena membutuhkan tenaga lebih, tidak efisien dari segi waktu, serta berisiko terjadi keterlambatan dalam pengangkutan sampah [17]. Akibatnya, sering terjadi penumpukan sampah yang menimbulkan bau tidak sedap, menurunkan kenyamanan civitas akademika, bahkan dapat merusak citra kampus sebagai institusi yang seharusnya menjadi contoh dalam menjaga lingkungan [18]. Seiring perkembangan teknologi, muncul kebutuhan akan sistem yang lebih modern, efisien, dan cerdas dalam mendukung pengelolaan kebersihan lingkungan kampus.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis IoT dengan Fuzzy Logic di Universitas Sulawesi Barat, menggunakan sensor ultrasonik, MQ, dan DHT22 untuk memantau sampah secara real-time dan mengirim informasi melalui Telegram agar penanganan lebih cepat serta mendukung kampus yang bersih, sehat, dan ramah lingkungan. Sebagai rencana penyelesaian masalah, penelitian ini membangun sistem yang memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi tingkat kepenruhan sampah, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas, serta sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban, yang kemudian diolah menggunakan metode Fuzzy Logic untuk menentukan kondisi tempat sampah. Hasil pengolahan data tersebut dikirimkan secara real-time melalui aplikasi Telegram sebagai notifikasi kepada petugas kebersihan sehingga penanganan dapat dilakukan dengan lebih cepat, tepat, dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian terdahulu

Kajian terhadap penelitian terdahulu menjadi landasan penting dalam memahami perkembangan teknologi terkini serta untuk memastikan kebaruan dan orisinalitas penelitian yang dilakukan. Dalam konteks ini, kajian difokuskan pada sistem monitoring tempat sampah berbasis Internet of Things (IoT) dan penerapan Fuzzy Logic.

Pengelolaan kebersihan di Kampus Universitas Sulawesi Barat penting untuk kesehatan dan

kenyamanan sivitas akademika. Berbeda dengan penelitian [8] yang terbatas pada rumah kost, penelitian ini fokus pada kampus dengan sensor ultrasonik, MQ-135, dan DHT22, serta menampilkan data real-time melalui Telegram untuk monitoring yang lebih komprehensif dan adaptif.

Penelitian [4] menunjukkan sistem IoT dengan sensor ultrasonik, DHT22, dan MQ135 mampu menampilkan data real-time dan notifikasi cepat, namun masih terbatas pada ambang sensor dan belum menggunakan kecerdasan buatan. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menghadirkan sistem monitoring tempat sampah pintar yang mendukung kebersihan dan kampus berbasis teknologi cerdas.

Penelitian [5] berhasil merancang sistem IoT dengan Fuzzy Logic untuk monitoring tempat sampah, menampilkan data real-time dan notifikasi Telegram, namun masih terbatas pada prototipe dan sensor sederhana. Penelitian ini mengembangkan sistem serupa untuk kampus Universitas Sulawesi Barat, dengan fokus pada volume sampah lebih besar, variasi jenis sampah, dan integrasi smart campus, sehingga lebih aplikatif dan efisien.

2.2. Sampah

Sampah adalah material sisa atau limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan dianggap tidak lagi berguna atau diperlukan. Sampah bisa berupa bahan yang mudah terurai, seperti sisa makanan dan daun, maupun bahan yang sulit terurai, seperti plastik, kaca, dan logam. Selain itu, ada juga sampah yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan, misalnya bahan kimia atau baterai. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah dapat menimbulkan pencemaran udara, tanah, dan air, serta mengancam kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

2.3. Internet Of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana perangkat fisik yang terhubung ke internet dapat saling bertukar data dan melakukan pengendalian secara otomatis, sehingga mendukung efisiensi, pemantauan real-time, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam berbagai bidang.

2.4. Fuzzy Logic

Logika fuzzy adalah metode yang digunakan sebagai mekanisme pengambilan keputusan dalam menentukan status kondisi tempat sampah berdasarkan beberapa parameter sensor. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengolah data yang bersifat dinamis dan tidak pasti menjadi keputusan yang lebih fleksibel dan mendekati kondisi nyata.

2.5. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan sampah di dalam tempat sampah. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik kemudian menerima kembali pantulan gelombang tersebut dari

objek yang terdeteksi. Berdasarkan waktu pantulan gelombang tersebut, sistem dapat menghitung jarak objek dari sensor sehingga dapat diketahui tingkat kepenuhan tempat sampah secara otomatis. Sensor ultrasonik banyak digunakan pada sistem monitoring berbasis IoT karena memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam pengukuran jarak [15].



Gambar 1. Sensor Ultrasonik

2.6. Sensor Gas MQ-135

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas seperti amonia, karbon dioksida, dan gas lain yang dihasilkan dari proses pembusukan sampah. Sensor ini mampu mendeteksi perubahan kualitas udara di sekitar tempat sampah sehingga dapat memberikan informasi mengenai tingkat bau yang dihasilkan oleh sampah. Sensor MQ-135 sering digunakan dalam sistem monitoring lingkungan berbasis IoT untuk memantau kualitas udara secara otomatis. [14]



Gambar 2. Sensor Gas MQ-135

2.7. Sensor DHT22

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tempat sampah. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tempat sampah. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik serta mampu memberikan data suhu dan kelembaban secara digital. Data yang diperoleh dari sensor DHT22 dapat digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang mempengaruhi proses pembusukan sampah. [9].



Gambar 3. Sensor DHT22

2.8. Telegram

Telegram adalah aplikasi pesan instan berbasis internet yang digunakan untuk mengirim pesan teks, gambar, video, dokumen, serta melakukan komunikasi secara real-time melalui berbagai perangkat. Telegram memiliki berbagai keunggulan seperti kecepatan pengiriman pesan, keamanan data, serta kemampuan untuk digunakan pada banyak perangkat sekaligus.

Selain itu, Telegram juga menyediakan fitur Application Programming Interface (API) dan bot yang memungkinkan aplikasi lain terhubung untuk mengirim notifikasi atau melakukan kontrol sistem secara otomatis, sehingga sering digunakan dalam sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) [10].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun (Research and Development) yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan algoritma Fuzzy Logic. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototipe perangkat keras dan perangkat lunak yang mampu melakukan pemantauan kondisi tempat sampah secara otomatis berdasarkan data dari beberapa sensor.

3.2. Arsitektur Sistem

Pada sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan algoritma Fuzzy Logic, variabel yang digunakan terdiri dari variabel input dan variabel output. Variabel input diperoleh dari pembacaan sensor pada prototipe, sedangkan variabel output merupakan hasil klasifikasi kondisi tempat sampah berdasarkan proses Fuzzy Logic. Variabel input meliputi kapasitas sampah dari sensor ultrasonik (Kosong, Setengah, Penuh), kadar gas dari sensor MQ-135 (Rendah, Sedang, Tinggi), serta suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 (Normal, Hangat, Panas dan Kering, Lembab, Sangat Lembab). Hasil pengolahan data kemudian menghasilkan status kondisi tempat sampah dan sistem akan mengirim notifikasi otomatis melalui Telegram ketika terdeteksi kondisi tertentu seperti tempat sampah penuh, gas tinggi, atau suhu panas.

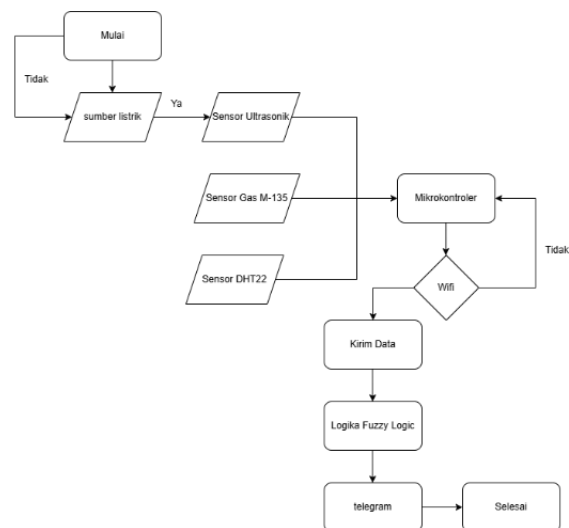
3.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian meliputi uji pembacaan sensor ultrasonik dengan membandingkan hasil sensor dengan pengukuran manual, uji respons sensor MQ-135 terhadap perubahan kadar gas, serta uji pembacaan suhu dan kelembaban oleh sensor DHT22. Selain itu, dilakukan pengujian terhadap algoritma Fuzzy Logic dengan membandingkan hasil keputusan sistem dengan kondisi nyata tempat sampah. Pengujian konektivitas internet dan notifikasi Telegram juga dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mengirimkan informasi secara real-time tanpa kendala. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

3.4. Flowchart sistem

Flowchart sistem menggambarkan alur proses kerja sistem secara keseluruhan mulai dari

inisialisasi perangkat hingga pengiriman notifikasi. Proses dimulai dari sistem aktif dan terhubung ke jaringan WiFi, kemudian sensor membaca kondisi tempat sampah. Data sensor dikirim ke ESP32 untuk diproses menggunakan Fuzzy Logic. Setelah status kondisi ditentukan, sistem mengirimkan informasi melalui Telegram dan kembali ke proses pembacaan sensor secara berulang. Flowchart ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dalam siklus yang berkelanjutan sehingga monitoring dapat dilakukan secara real-time.



Gambar 4. Flowchart

3.5. Perancangan Diagram Blok

Perancangan diagram blok dilakukan untuk menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis IoT. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian atau volume sampah, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas atau bau akibat pembusukan sampah, serta sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban di dalam tempat sampah. Seluruh data dari sensor dikirim ke ESP32 untuk diproses menggunakan algoritma Fuzzy Logic. Hasil pengolahan data berupa status kondisi tempat sampah kemudian dikirim melalui jaringan internet dan ditampilkan dalam bentuk notifikasi Telegram kepada petugas kebersihan di lingkungan Universitas Sulawesi Barat. Diagram blok ini menunjukkan bahwa sistem terdiri dari tiga bagian utama, yaitu bagian input (sensor), bagian proses (ESP32 dan Fuzzy Logic), serta bagian output (notifikasi dan monitoring real-time).



Gambar 5. Diagram Blok

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem Perangkat

Implementasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak untuk membangun sistem monitoring tempat sampah. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi tempat sampah secara real-time serta mengirim notifikasi otomatis kepada petugas kebersihan. Perangkat keras yang digunakan meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian sampah, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas, dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu serta kelembaban.

Pada sisi perangkat lunak, Arduino IDE digunakan untuk memprogram ESP32 agar membaca data sensor, kemudian data diproses menggunakan Fuzzy Logic untuk menentukan kondisi tempat sampah. Hasilnya dikirim melalui internet dan ditampilkan sebagai notifikasi Telegram sehingga petugas dapat mengetahui kondisi tempat sampah tanpa pengecekan langsung.

4.2. Dokumentasi Prototipe Sistem

Dokumentasi prototipe sistem dilakukan untuk menunjukkan hasil realisasi fisik dari perancangan sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis IoT. Prototipe terdiri dari satu unit tempat sampah yang telah dipasang sensor ultrasonik pada bagian atas untuk membaca tinggi sampah, sensor MQ-135 di bagian dalam untuk mendeteksi gas, serta sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban. ESP32 ditempatkan dalam kotak pelindung agar aman dari gangguan luar dan tetap terhubung dengan seluruh sensor. Sistem juga dilengkapi dengan koneksi WiFi untuk mengirimkan data ke Telegram. Dokumentasi ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil direalisasikan sesuai dengan rancangan dan mampu bekerja secara terintegrasi.



Gambar 6. Tempat Sampah

4.3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Berdasarkan hasil pengujian, sensor ultrasonik mampu membaca jarak dengan akurat sesuai pengukuran manual. Pada jarak 17 cm sistem mendeteksi kondisi “Kosong”, jarak 5 cm terdeteksi “Setengah”, dan jarak 1 cm terdeteksi “Penuh”. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja dengan baik dalam mendeteksi tingkat

kepenuhan tempat sampah. Data jarak yang diperoleh kemudian digunakan sebagai salah satu input pada proses Fuzzy Logic untuk menentukan status akhir tempat sampah secara real-time.

Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Pembaca Sensor Ultrasonik	Status Sistem
1	17 cm	Kosong
2	5 cm	Setengah
3	1 cm	Penuh

4.4. Pengujian Sensor Gas MQ-135

Berdasarkan hasil pengujian, sensor gas MQ-135 mampu mendeteksi perubahan kadar gas dengan baik. Pada nilai pembacaan 430 sistem mengkategorikan kondisi sebagai Rendah, nilai 2549 sebagai Sedang, dan nilai 3500 sebagai Tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai yang terbaca, semakin tinggi kadar gas yang terdeteksi akibat pembusukan sampah. Sensor bekerja responsif terhadap perubahan intensitas bau dan mampu memberikan data yang stabil sebagai input dalam proses Fuzzy Logic untuk menentukan status akhir tempat sampah.

Tabel 2. Pengujian Sensor Gas MQ-135

No	Pembaca Sensor Gas	Status Sistem
1	430	Rendah
2	2549	Sedang
3	3500	Tinggi

4.5. Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk memastikan pembacaan suhu dan kelembaban berjalan dengan baik. Pada pengujian suhu, nilai 33°C dikategorikan sebagai Normal, 35°C sebagai Hangat, dan 148°C sebagai Panas. Sedangkan pada pengujian kelembaban, nilai 53% dikategorikan sebagai Kering, 63% sebagai Lembab, dan 83% sebagai Sangat Lembab. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu membaca suhu dan kelembaban secara stabil serta dapat mengelompokkan kondisi sesuai dengan kategori yang telah ditentukan dalam sistem. Data ini kemudian digunakan sebagai variabel input dalam proses Fuzzy Logic untuk membantu menentukan status kondisi tempat sampah secara lebih akurat.

Tabel 3. Pembaca Sensor Suhu

No	Pembaca Sensor Suhu	Status Sistem
1	33°C	Normal
2	35°C	Hangat
3	148°C	Panas

Tabel 4. Pembaca Sensor Kelembaban

No	Pembaca Sensor Kelembaban	Status Sistem
1	53%	Kering
2	63%	Lembab
3	103%	Sangat Lembab

4.6. Pengujian Algoritma Fuzzy Logic

Pengujian algoritma Fuzzy Logic dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menentukan status kondisi tempat sampah berdasarkan kombinasi nilai dari beberapa sensor. Data yang digunakan sebagai input berasal dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi kapasitas sampah, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas, serta sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban di dalam tempat sampah.

Nilai yang diperoleh dari masing-masing sensor terlebih dahulu dikategorikan ke dalam himpunan fuzzy, seperti kapasitas sampah (Kosong, Setengah, Penuh), kadar gas (Rendah, Sedang, Tinggi), serta suhu dan kelembaban (Normal, Hangat, Panas dan Kering, Lembab, Sangat Lembab). Selanjutnya sistem menggunakan aturan (rule base) yang telah ditentukan untuk menghasilkan keputusan akhir berupa status kondisi tempat sampah. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu memberikan keputusan yang sesuai dengan kondisi yang terdeteksi oleh sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Fuzzy Logic mampu mengolah beberapa parameter sensor secara bersamaan dan menghasilkan keputusan yang sesuai dengan kondisi nyata tempat sampah. Dengan demikian, sistem dapat membantu petugas kebersihan dalam menentukan prioritas penanganan sampah secara lebih efektif.

4.7. Pengujian Koneksi Internet dan Notifikasi Telegram

Pengujian koneksi internet dan notifikasi Telegram dilakukan untuk memastikan sistem dapat mengirimkan informasi kondisi tempat sampah secara real-time. ESP32 terlebih dahulu dihubungkan dengan jaringan WiFi agar dapat mengirim data hasil pembacaan sensor ultrasonik, MQ-135, dan DHT22 yang telah diproses menggunakan algoritma Fuzzy Logic. Notifikasi Telegram akan dikirim ketika terdeteksi kondisi tertentu, seperti kapasitas sampah penuh, gas tinggi, atau suhu panas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pesan dapat diterima dengan baik selama koneksi internet stabil, sehingga sistem mampu membantu petugas kebersihan memantau kondisi tempat sampah secara cepat tanpa pengecekan manual.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan algoritma Fuzzy Logic berhasil dibangun dan berjalan dengan baik. Sistem yang menggunakan ESP32 serta sensor ultrasonik, MQ-135, dan DHT22 mampu membaca kondisi ketinggian sampah, kadar gas, suhu, dan kelembaban secara real-time. Data yang diperoleh dapat diproses menggunakan Fuzzy Logic untuk menentukan status tempat sampah yaitu pada kategori sensor jarak mendeteksi tempat sampah penuh, sensor gas mendeteksi gas tinggi, dan sensor DHT22 mendeteksi suhu panas. Selain itu, sistem juga mampu

mengirimkan notifikasi otomatis melalui Telegram sehingga membantu petugas kebersihan dalam melakukan pengelolaan sampah secara lebih efektif dan efisien.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, sistem monitoring tempat sampah pintar ini dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan data berbasis website atau cloud sehingga data monitoring dapat disimpan dan dianalisis dalam jangka panjang. Selain itu, peningkatan akurasi sensor dan penambahan sumber daya cadangan juga dapat dilakukan agar sistem dapat bekerja lebih stabil. Penelitian selanjutnya juga dapat menambahkan sensor lain atau metode pengambilan keputusan yang berbeda sebagai perbandingan untuk meningkatkan kinerja sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Addas, A., Khan, M. N., & Naseer, F. (2024). Waste management 2.0 leveraging internet of things for an efficient and eco-friendly smart city solution. *PLOS One*.
- [2] A. Addas, M. N. Khan dan F. Naseer, "Waste management 2.0 leveraging internet of things for an efficient and eco-friendly smart city solution," *PLOS One*, vol. 19, no. 7, 2024.
- [3] Broto dan P. Estu, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Portable Berbasis IoT menggunakan Arduino Mega dan ESP32," *INSYPRO*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [4] D. Firmansyah, A. Ullah, A. Faizal dan H. Zarory, "Perancangan Sistem Pemantauan Kondisi Tempat Sampah Kampus Berbasis Internet Of Things (IoT)," *TRANSMISI : JURNAL ILMIAH TEKNIK ELEKTRO*, vol. 25, no. 4, 2023.
- [5] D D. A. Santika, Z. Sari dan D. R. Akbi, "Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar dengan Sistem Monitoring Berbasis Cloud dan Internet of Things (IoT)," *Jurnal Repositor*, vol. 6, no. 3, 2024.
- [6] D. S. Nugroho, S. Rosad dan N. Agustin, "Real Time Smart Trash Bin Monitoring System Using Fuzzy Logic Method in Kuripan Village," *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications (INISTA)*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [7] M. J. R. Guerreiro, V. Torrijos dan M. Soto, "A Review of Waste Management in Higher Education Institutions: The Road to Zero Waste and Sustainability," *Environments*, vol. 11, no. 293, 2024.
- [8] A. Lempan, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Metode Fuzzy Logic," *SKRIPSI: Universitas Sulawesi Barat*, 2025.
- [9] I. Darmiyati, M. A. Saputra, A. Maulana, G. N. P. Aribowo, A. Sahara dan F. Oktafiani, "Tani Terkini: Sistem Monitoring dan Kontrol

- Pertanian Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32,” *Jurnal Teknosains Kodepena*, vol. 6, no. 2, 2026.
- [10] M. I. Maulana, Purnawansyaha dan H. Azis, “Implementasi Bot Telegram pada Proses Retrieval Data dalam Database,” *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 1, no. 3, 2020.
- [11] C. Mbama, A. Otegbulu, I. J. Beverland dan T. K. Beattie, “Solid Waste Recycling Within Higher Education In Developing Countries: A Case Study Of The University Of Lagos,” *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2022.
- [12] M. Huldani, R. Zakaria dan E. Azwar, “Faktor-faktor yang berhubungan dengan penanganan sampah rumah tangga pada masyarakat di wilayah kerja puskesmas Peulumat Kecamatan Labuhan Haji Timur Kabupaten Aceh Selatan Tahun 2022,” *JURNAL KESEHATAN TAMBUSAI*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [13] M. A. Ismail, R. K. Abdullah dan S. Abdussamad, “Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet Of Things (IOT) Dengan Sistem Teknologi Informasi,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JEEEE)*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [14] M. Erik, F. Nurdiyanto dan R. Hidayat, “AeroSenseMonitor: Integrasi Sensor DHT11 dan MQ135 untuk Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Arduino Uno,” *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, 2024.
- [15] M. Fauzan dan Nurdin, “Implementasi Thingspeak Sebagai Database Pada Alat Deteksi Banjir Menggunakan Esp32,” *CONTEN : Computer and Network Technology*, vol. 4, no. 1, 2024.
- [16] Nurjannah, M. Muchtar, Sarimuddin, K. Sya'ban dan R. Karim, “Perancangan Smart Trash Bin Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Arduino Di Sdn 5 Mawasangka, Buton Tengah,” *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [17] D. Sim, H. Arshad, S. Y. Tan dan N. F. Elias, “The Smart Waste Management System of Solid Waste Management in University Campus,” *Journal of Information System and Technology Management*, vol. 6, no. 22, 2021.
- [18] M. Sumathi, H. J., K. S. Kumar, S. S. Prakash dan M. J., “IoT-based Efficient Waste Management on University Campus : Enhancing Monitoring and Optimization through Machine Learning,” *Procedia Computer Science*, 2025.