

Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar dengan Sistem Monitoring Berbasis Cloud dan Internet of Things (IoT)

Dimas Arya Santika*¹, Zamah Sari¹, Denar Regata Akbi¹

Universitas Muhammadiyah Malang

dimasarya@webmail.umm.ac.id*

Abstrak

Petugas kebersihan terkadang mengalami keterlambatan dalam melakukan pembersihan tempat sampah karena pemeriksaan tempat sampah dilakukan secara manual. Hal ini kurang efektif karena dapat mengakibatkan penumpukan sampah yang dapat menimbulkan bau dan penyakit. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pada pengelolaan sampah. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa rancang bangun yang melibatkan analisa kebutuhan, desain, perancangan sistem, dan pengujian sistem. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem monitoring tempat sampah dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor HC-SR04 untuk mendeteksi kapasitas tempat sampah dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kandungan gas ammonia dalam sampah. Sistem dapat mengetahui kapasitas tempat sampah, waktu terakhir pembersihan, dan bau ammonia pada sampah. Penentuan tindakan pengambilan sampah dilakukan menggunakan metode fuzzy logic dengan ketepatan dalam penentuan tindakan sebesar 100% yang akan dikirimkan melalui notifikasi telegram.

Kata Kunci: Sampah, ESP32, Monitoring, Fuzzy Logic

Abstract

Trash collector sometimes delayed in cleaning the trash cans because the inspection of the trash cans is still manually. This is less effective because it can result in accumulation of waste that can cause odor and disease. Therefore, in this research aims to increase efficiency in waste management. The research method used in this research is in the form of a design that involves analyzing requirement, design, system design, and system testing. In this research, a trash cans monitoring system was designed using ESP32 as a microcontroller, HC-SR04 sensor to detect trash can capacity and MQ-135 sensor to detect ammonia gas content in trashcan. The system can determine the capacity of the trash can, the last time of cleaning, and the ammonia odor in the trash. The action of garbage collection is determined using the fuzzy logic method with 100% accuracy in determining the action that will be sent via telegram notification.

Keywords: Garbage, ESP32, Monitoring, Fuzzy Logic

1. Pendahuluan

Saat ini, sampah menjadi sebuah permasalahan besar yang dapat mengancam lingkungan karena memiliki potensi untuk pencemaran baik berupa pencemaran tanah, air, maupun udara hingga menyebabkan sumber penyakit [1]. Sampah berdasarkan sifatnya terbagi menjadi dua, yaitu: sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang mempunyai kandungan air tinggi, seperti kulit buah dan sayur, sampah jenis ini akan lebih menghasilkan gas amonia (NH₃) dan bau yang lebih kuat daripada sampah anorganik [2].

Kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya membuang sampah pada tempatnya disebabkan oleh rendahnya pemahaman akan dampak sampah dan penggunaan tempat sampah konvensional yang manual [3]. Meskipun kesadaran tentang kebersihan meningkat, tanpa pengelolaan sampah yang efektif, tempat sampah akan cepat penuh yang dapat menyebabkan masalah baru. Diperlukan adanya inovasi seperti menerapkan teknologi otomasi dalam pengelolaan sampah untuk mengurangi penumpukan sampah di tempat sampah yang berpotensi menimbulkan bau dan penyakit[4].

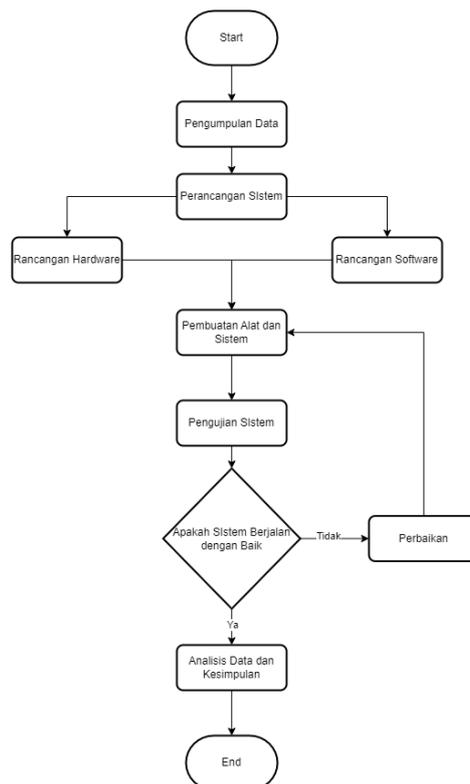
Perkembangan teknologi saat ini telah mencapai era Revolusi Industri 4.0. Dalam berbagai bidang, teknologi modern sudah mulai menggantikan teknologi tradisional. Internet of Things

(IoT) merupakan salah satu teknologi yang paling cepat dalam perkembangannya. Menurut IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) [5] IoT adalah sebuah jaringan dengan masing-masing benda yang tertanam dengan sensor yang terhubung kedalam jaringan internet. Pemantauan secara real-time dapat dilakukan dengan memanfaatkan internet yang mengirim data secara terus-menerus [6]. IoT memungkinkan pengguna untuk mengoptimalkan cara kerja tempat sampah yang masih konvensional melalui jaringan internet.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya [7], [8], dan [9] maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah melakukan sebuah pengembangan dari tempat sampah sebelumnya. Dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 bersama dengan sensor HC-SR04 untuk mengukur jarak kapasitas tempat sampah, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kandungan gas amonia (NH₃) pada sampah. Data yang diperoleh dari sensor HC-SR04 dan sensor MQ-135 akan diintegrasikan ke website dashboard untuk kebutuhan monitoring. Dengan memanfaatkan metode fuzzy logic, sistem dapat menentukan tindakan yang harus dilakukan oleh petugas kebersihan berdasarkan waktu terakhir pembersihan, level volume tempat sampah, dan data gas amonia (NH₃) dari sensor MQ-135. Agar dapat dimonitoring dari jarak jauh, maka sistem dihubungkan dengan Amazon Web Service (AWS) sebagai server dan bot telegram yang digunakan untuk mengirim notifikasi.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode rancang bangun yang melibatkan analisa kebutuhan, desain, perancangan sistem, dan pengujian sistem. Berikut adalah *flowchart* rancangan penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



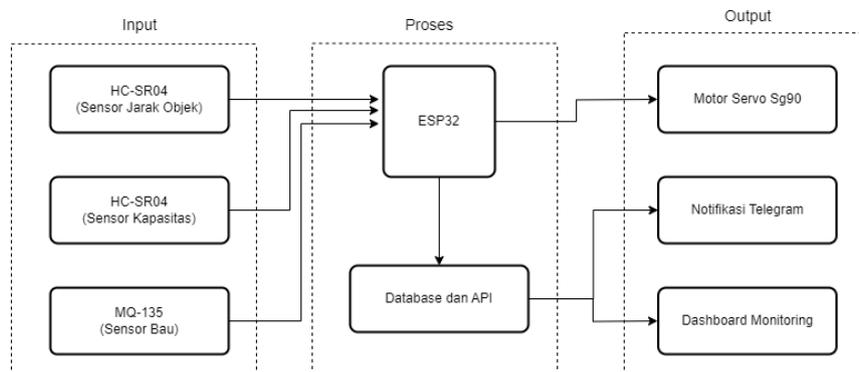
Gambar 1. Rancangan Penelitian

2.1 Perancangan Sistem

2.1.1 Perancangan Diagram Blok

Diagram blok merupakan salah satu tahapan penting dalam perancangan sebuah sistem. Pada gambar 2 dijelaskan cara kerja dari diagram blok tersebut. Diagram blok tersebut terbagi atas 3 blok, yaitu: blok input, blok proses, dan blok output. Blok input berupa sensor-sensor yang bertugas untuk pengumpulan data. Blok proses terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler, database sebagai penyimpanan data dan API (Application Programming Interface) sebagai

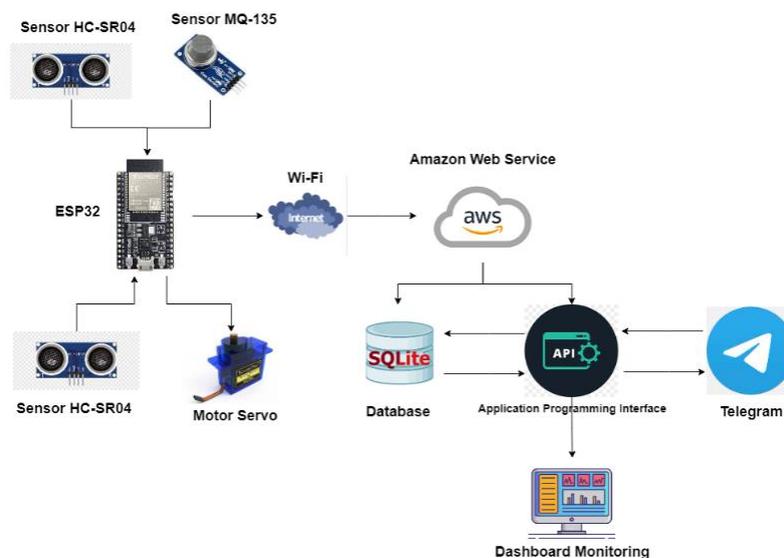
proses pengiriman kepada blok output. Blok output akan bekerja ketika blok proses mengirimkan perintah yang merupakan notifikasi telegram, dan data dari database akan ditampilkan di dashboard monitoring dalam bentuk grafik.



Gambar 2. Diagram Blok

2.1.2 Perancangan Skematik Sistem

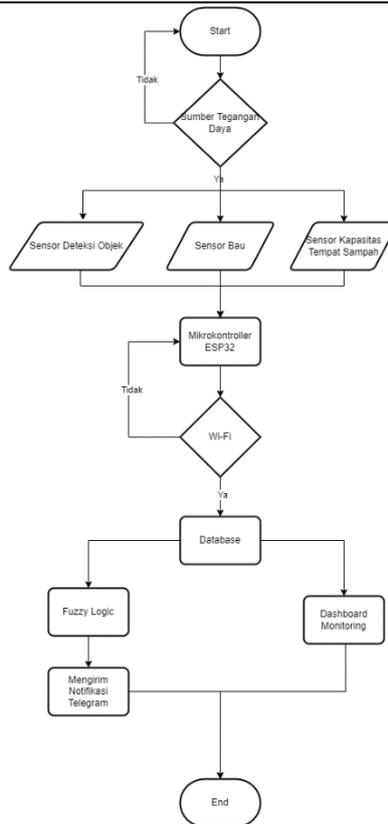
Skematik sistem merupakan salah satu elemen penting dalam pengembangan sebuah sistem karena dapat memudahkan penempatan posisi perangkat dan pemahaman tentang fungsinya. Pada skematik sistem yang disajikan pada gambar 3 digambarkan bahwa data dari ESP32 akan dikirim ke server kemudian data akan dicatat di database. Data tersebut akan diolah dengan fuzzy logic. Data pada database akan ditampilkan pada website monitoring dan status tindakan pengambilan akan dikirimkan melalui telegram.



Gambar 3. Skematik Sistem

2.1.3 Flowchart Sistem

Alur keseluruhan sistem yang disajikan pada gambar 4 dimulai dengan inialisasi program, di mana sensor secara otomatis diaktifkan sesuai dengan tugas yang ditentukan. Proses berlanjut dengan ESP32 melakukan inialisasi jaringan Wi-Fi, dan apabila koneksi Wi-Fi berhasil, data yang diperoleh dari ESP32 akan disalurkan ke dalam database. Informasi yang terdapat dalam database akan ditampilkan dalam bentuk dashboard monitoring dan untuk penentuan tindakan yang diperlukan, data akan diproses menggunakan metode fuzzy logic yang kemudian akan dikirimkan melalui bot Telegram.



Gambar 4. Flowchart Sistem

2.2 Fuzzy Logic

Tempat sampah yang dibuat pada penelitian ini menggunakan 2 buah sensor yaitu: sensor HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian volume tempat sampah dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi bau sampah. Data hasil sensor tersebut akan dimanfaatkan untuk penentuan status tempat sampah menggunakan fuzzy logic. Berdasarkan nilai tersebut akan dijadikan 3 buah variable fuzzy diantaranya: (1) Waktu Terakhir Pembersihan (WTP), (2) Kapasitas Tempat Sampah (KTS), dan (3) Bau Sampah (BS). Pada variabel Kapasitas Tempat Sampah akan dikonversi dari satuan cm menjadi skala 0%-100%. Penentuan pengambilan keputusan dengan menggunakan variabel fuzzy disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Fuzzy Logic

| Rules | Variabel Fuzzy | | | Status |
|-------|----------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|
| | Waktu Terakhir Pembersihan | Kapasitas Tempat Sampah | Bau Sampah | |
| R1 | 0-8 jam | Rendah | Rendah | Normal |
| R2 | | Tinggi | Rendah | Butuh dibersihkan |
| R3 | | Rendah | Tinggi | Butuh dibersihkan |
| R4 | | Tinggi | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan |
| R5 | 8-16 jam | Rendah | Rendah | Normal |
| R6 | | Tinggi | Rendah | Sangat Butuh dibersihkan |
| R7 | | Rendah | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan |
| R8 | | Tinggi | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan |
| R9 | | 16 jam keatas | Rendah | Rendah |

| | | | |
|-----|--------|--------|--------------------------|
| R10 | Tinggi | Rendah | Sangat Butuh dibersihkan |
| R11 | Rendah | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan |
| R12 | Tinggi | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan |

Berdasarkan parameter pada Tabel 1, aturan yang digunakan untuk menentukan tindakan yang diambil oleh petugas sampah antara lain:

[R1] IF WTP 0-8 Jam AND KTS Rendah AND BS Rendah THEN Normal.

[R2] IF WTP 0-8 Jam AND KTS Rendah AND BS Tinggi THEN Butuh dibersihkan.

[R3] IF WTP 0-8 Jam AND KTS Tinggi AND BS Rendah THEN Butuh dibersihkan.

[R4] IF WTP 0-8 Jam AND KTS Tinggi AND BS Tinggi THEN Sangat Butuh dibersihkan.

[R5] IF WTP 8-16 Jam AND KTS Rendah AND BS Rendah THEN Normal

[R6] IF WTP 8-16 Jam AND KTS Tinggi AND BS Rendah THEN Sangat Butuh dibersihkan.

[R7] IF WTP 8-16 Jam AND KTS Rendah AND BS Tinggi THEN Sangat Butuh dibersihkan.

[R8] IF WTP 8-16 Jam AND KTS Tinggi AND BS Tinggi THEN Sangat Butuh dibersihkan.

[R9] IF WTP 16 Jam Keatas AND KTS Rendah AND BS Rendah THEN Butuh dibersihkan.

[R10] IF WTP 16 Jam Keatas AND KTS Rendah AND BS Tinggi THEN Sangat Butuh dibersihkan.

[R11] IF WTP 16 Jam Keatas AND KTS Tinggi AND BS Rendah THEN Sangat Butuh dibersihkan.

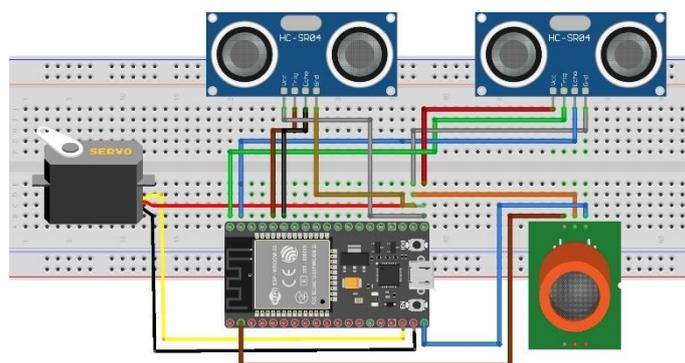
[R12] IF WTP 16 Jam Keatas AND KTS Tinggi AND BS Tinggi THEN Sangat Butuh dibersihkan.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Implementasi Sistem Perangkat

Pada implementasi sistem perangkat yang disajikan pada Gambar 5 berikut dijelaskan rangkaian sistem perangkat untuk tempat sampah pintar yang telah dibuat. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai media komunikasi dengan HC-SR04 dan MQ-135. Sensor ultrasonic HC-SR04 berfungsi sebagai input berupa jarak yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 melalui pin 22 dan pin 23 akan mengirimkan output ke motor servo Sg90 yang dihubungkan ke mikrokontroler melalui pin 13. Sensor HC-SR04 kedua berfungsi sebagai input berupa jarak yang akan mengukur kapasitas tempat sampah yang dihubungkan dengan pin 19 dan pin 21. Sensor MQ-135 berfungsi sebagai input berupa gas ammonia dengan besaran ppm yang akan dikirimkan melalui mikrokontroler yang dihubungkan dengan pin 36.

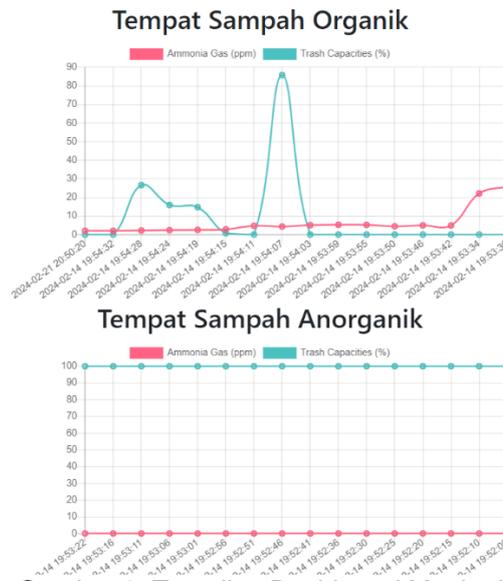
Mikrokontroler ESP32 akan meneruskan data dari sensor HC-SR04 dan sensor MQ-135 untuk disimpan dalam database. Data dari database akan ditampilkan di dashboard monitoring dan akan diproses melalui metode *fuzzy logic* untuk menentukan tindakan pengambilan sampah. Untuk menjalankan perangkat ini diperlukan internet untuk pengiriman data. Data dari mikrokontroler akan di ambil dengan menggunakan protokol HTTP.



Gambar 5. Skema Sistem Perangkat

3.2 Dashboard Monitoring

Pada gambar 6 menjelaskan tampilan dari dashboard monitoring yang telah dibuat. Terdapat 2 buah tempat sampah yang ditampilkan di dashboard monitoring, yaitu tempat sampah organik dan anorganik. Grafik yang ditampilkan dari masing-masing tempat sampah adalah data kapasitas tempat sampah dan gas ammonia dari database. Data kapasitas tempat sampah disajikan dalam satuan persen (%) dan data gas disajikan dalam bentuk Part Per Million (ppm).



Gambar 6. Tampilan Dashboard Monitoring

3.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengukur ketepatan logika fuzzy yang diterapkan pada sistem. Parameter pengujian yang dilakukan merujuk pada variabel *fuzzy* yang disajikan pada Tabel 2. Berikut pengujian sistem disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian Sistem

| Rules | Variabel | | Status | Notifikasi Telegram | |
|-------|-----------|----------|--------|--------------------------|--------------------------|
| | WTP (jam) | BS (ppm) | | | |
| R1 | 0-8 | Rendah | Rendah | Normal | Berhasil |
| R2 | | Rendah | Tinggi | Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R3 | | Tinggi | Rendah | Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R4 | | Tinggi | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R5 | | Rendah | Rendah | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R6 | | Rendah | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R7 | | Tinggi | Rendah | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R8 | | Tinggi | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R9 | | Rendah | Rendah | Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R10 | | >16 | Rendah | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan |

| | | | | |
|-----|--------|--------|--------------------------|----------|
| R11 | Tinggi | Rendah | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |
| R12 | Tinggi | Tinggi | Sangat Butuh dibersihkan | Berhasil |

Berdasarkan hasil dari pengujian sistem yang disajikan pada tabel 2 didapatkan hasil bahwa ketepatan penentuan tindakan berdasarkan variabel *fuzzy* yang dikirimkan melalui notifikasi telegram memiliki keberhasilan 100%. Pada penelitian [7], variabel yang digunakan hanya Waktu Terakhir Pembersihan dan Muatan Sampah. Pada penelitian ini, untuk meningkatkan tingkat akurasi tindakan maka dibuat variabel baru berupa Bau Sampah dengan memanfaatkan sensor MQ-135 sebagai input bau sampah.

4. Kesimpulan

Implementasi *internet of things* pada pengelolaan sampah yang mampu mendeteksi kapasitas dan bau tempat sampah akan sangat membantu petugas kebersihan dalam melakukan pekerjaannya. Pengukuran ketinggian kapasitas tempat sampah dengan menggunakan sensor HC-SR04 didapatkan hasil akurasi yang baik, namun sebelum sistem diterapkan perlu mengukur tinggi tempat sampah tersebut terlebih dahulu. Melalui penggunaan sensor MQ-135 dapat didapatkan bahwa tempat sampah organik memiliki rata-rata sebesar 21.99 ppm yang berarti mengeluarkan gas ammonia lebih besar dari sampah anorganik. Dengan menerapkan metode *fuzzy logic* dapat menambah akurasi dalam mendapatkan keputusan. Selain itu, ketepatan algoritma *fuzzy logic* dalam penentuan tindakan pembersihan tempat sampah sebesar 100%, sehingga tindakan yang dilakukan petugas kebersihan sesuai dengan sistem. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu petugas kebersihan dalam melakukan pekerjaannya dan mengurangi penumpukan sampah yang terjadi di tempat sampah.

Referensi

- [1] A. Wuryanto, N. Hidayatun, M. Rosmiati, and Y. Maysaroh, "Perancangan Sistem Tempat Sampah Pintar Dengan Sensor HCRSF04 Berbasis Arduino UNO R3," vol. 21, no. 1, pp. 55–60, 2019, doi: 10.31294/p.v20i2.
- [2] D. Clasissa Aulia *et al.*, "Peningkatan Pengetahuan dan Kesadaran Masyarakat tentang Pengelolaan Sampah dengan Pesan Jepang," *Jurnal Pengabdian Kesehatan Masyarakat (Pengmaskesmas)*, vol. 1, no. 1, pp. 62–70, 2021, doi: 10.31849/pengmaskesmas.v1i1/5516.
- [3] A. Khozin, S. Winardi, M. N. Arifin, and A. Nugroho, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things Pada Smkn 1 Dlanggu Kabupaten Mojokerto," 2022.
- [4] M. Anwar Ismail, R. K. Abdullah, and S. Abdussamad, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi.," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, p. 7, 2021.
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2019 IEEE Workshop on Metrology for Industry 4.0 and Internet of Things : proceedings : Naples, Italy, June 4-6, 2019*.
- [6] M. Muslimin, L. Ardiantoro, and S. Zahara, "INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Internet of Thing (IoT) untuk Pembuangan Akhir Sampah di Mojokerto," *Media Cetak*, vol. 1, no. 6, pp. 897–906, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i6.1214.
- [7] R. Ahmad Ma and N. Hayati, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT," *Jurnal Infomedia*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [8] F. Fran Wijaya *et al.*, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Pada PDAM Way Komerang, Martapura, Sumatra Selatan Informasi Artikel Abstrak," vol. 1, no. 1, pp. 52–65, 2023, doi: 10.20222/rt.v1i1.2702.
- [9] M. A. Fikri, D. Hartama, I. O. Kirana, I. Gunawan, and Z. M. Nasution, "Kotak Sampah Pintar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno pada Kantor Seketariat DPRD Kota Pematangsiantar," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 67–76, Mar. 2022, doi: 10.54082/jiki.24.

