

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan produk dan sisa dari berbagai aktivitas manusia yang dapat ditemukan di berbagai tempat dengan berbagai jenis dan bentuk. Seringnya aktivitas manusia, produksi sampah akan terus meningkat dan volumenya semakin besar (Alisa Aprilia Ayuba, 2025). Di Indonesia, timbulan sampah nasional mencapai lebih dari 68 juta ton per tahun, dengan sebagian besar berasal dari kawasan permukiman (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Ketidakseimbangan antara volume sampah yang dihasilkan dan kapasitas sistem pengelolaan sampah yang ada memicu masalah lingkungan seperti tumpukan sampah, pencemaran, dan penyebaran penyakit. Salah satu penyebab rendahnya efektivitas pengelolaan sampah adalah kurangnya sistem pemantauan terhadap kondisi tempat sampah itu sendiri.

Saat ini, pemantauan kondisi tempat sampah di Indonesia masih banyak dilakukan secara manual, yang sering kali menyebabkan keterlambatan dalam pengangkutan dan efisiensi operasional. Dalam banyak kasus, tempat sampah dibiarkan terisi penuh hingga meluber sebelum dikosongkan, atau pengangkutan dilakukan meskipun tempat sampah belum penuh. Kegiatan ini tidak hanya membuang-buang waktu dan tenaga, tetapi juga menyebabkan ketidakefisienan dalam penggunaan sumber daya, yang pada gilirannya dapat memperburuk kondisi lingkungan (Manik et al., 2024). Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi berupa sistem otomatis yang mampu memantau kondisi tempat sampah secara real-time dan memberikan informasi kepada pengelola kebersihan secara tepat waktu.

Penggunaan *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu solusi untuk menangani dalam pengelolaan sampah perkotaan. *Internet of Things* (IoT) bisa diaplikasikan pada perangkat seperti sensor, mikrokontroler, dan aplikasi untuk saling terhubung dan bertukar informasi secara otomatis. Dalam

pengelolaan sampah, *Internet of Things* (IoT) digunakan untuk memantau volume sampah melalui sensor yang mengukur ketinggian sampah dan mengirimkan data ke platform monitoring berbasis aplikasi. Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem pemantauan sampah dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi dampak lingkungan. Misalnya, (Pires et al., 2025) mengembangkan sistem pemantauan tingkat sampah perkotaan menggunakan *teknologi Time-of-Flight* (ToF), yang dapat mengukur jarak dan komunikasi data secara real-time melalui jaringan IoT. Penelitian yang dilakukan, (Laboni Paul, 2024) menyarankan penerapan sistem manajemen sampah berbasis IoT di kota-kota besar dengan mengintegrasikan sensor pintar dan aplikasi mobile untuk memantau kondisi tempat sampah secara real-time dan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah.

Untuk mendeteksi volume sampah, digunakan sensor ultrasonik yang memiliki kemampuan untuk mengukur jarak antara permukaan sampah dan tutup tempat sampah, dengan tingkat akurasi yang tinggi, harga terjangkau, dan konsumsi daya yang rendah (Bagus Yudit Laksono, 2023). Meskipun sensor ini dapat memberikan informasi, data yang dihasilkan bersifat dinamis. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk mengolah data tersebut agar lebih stabil. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Fuzzy Logic Mamdani, yang dapat mengklasifikasikan status tempat sampah secara real-time.

Penelitian oleh (Dwi Septiyan Nugroho, 2023) mengembangkan sistem pemantauan tempat sampah pintar dengan menggunakan metode Fuzzy Logic untuk menentukan waktu pengangkutan berdasarkan volume sampah dan waktu pengosongan terakhir. Selain itu, (Nugraha et al., 2022) mengusulkan sistem manajemen transportasi sampah berbasis IoT yang menerapkan algoritma Fuzzy Mamdani untuk menentukan prioritas pengangkutan berdasarkan tingkat pengisian tempat sampah yang dipantau melalui sensor jarak. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi Fuzzy Logic dalam sistem pemantauan sampah berbasis IoT dapat

meningkatkan efisiensi operasional dan responsivitas dalam pengelolaan sampah.

Penggunaan lima sensor ultrasonik dalam sistem pemantauan sampah berbasis IoT memungkinkan pengukuran volume sampah yang lebih presisi. Satu sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek atau tangan, sementara empat sensor lainnya mengukur ketinggian sampah pada empat titik yang berbeda. Data dari keempat sensor ini dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang kemudian diproses menggunakan logika fuzzy dan diteruskan ke platform Firebase untuk ditampilkan di aplikasi Kodular. Dengan penerapan metode ini, diharapkan pengelolaan sampah dapat menjadi lebih efisien, pengangkutan dapat dilakukan tepat waktu, dan sistem pemantauan sampah berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi operasional dengan mengoptimalkan penggunaan daya motor servo dan juga mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam sistem ini memungkinkan pengukuran volume sampah secara real-time, sementara mikrokontroler seperti ESP32 memproses data tersebut menggunakan algoritma logika fuzzy untuk menentukan status tempat sampah. Hasil klasifikasi ini kemudian digunakan untuk mengatur posisi servo motor, yang berfungsi membuka atau menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Dengan pemantauan berbasis IoT, pengelola sampah dapat melakukan intervensi secara langsung dan tepat waktu saat kondisi tempat sampah sudah penuh, tanpa harus menunggu laporan manual dari petugas. Penelitian sebelumnya yang menggunakan IoT dan logika fuzzy menunjukkan hasil positif dalam penerapan sistem otomatis pengelolaan sampah, dengan penghematan energi dan efisiensi pengangkutan yang lebih baik (Kabeer Gulati, 2023; Sosunova & Porras, 2022).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan tempat sampah otomatis berbasis IoT yang dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem tempat sampah otomatis berbasis IoT yang dapat mendeteksi keberadaan sampah dan tingkat kepenuhannya?
2. Bagaimana cara penggunaan empat sensor ultrasonik secara bersamaan untuk mendeteksi tinggi sampah di dalam tempat sampah otomatis?
3. Bagaimana kinerja metode Fuzzy Logic Mamdani dalam mengatasi ketidakpastian dan meningkatkan akurasi deteksi ketinggian sampah menggunakan sensor ultrasonik pada berbagai jarak?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan mengembangkan sistem tempat sampah otomatis berbasis IoT yang dilengkapi dengan multi-sensor untuk mendeteksi level sampah.
2. Mengimplementasikan metode Fuzzy Logic Mamdani untuk mengolah data sensor dan mengontrol pergerakan servo motor dalam sistem tempat sampah otomatis.
3. Mengintegrasikan sistem tempat sampah otomatis berbasis IoT dengan platform kodular untuk memantau kondisi tempat sampah secara real-time.

1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala kecil menggunakan prototipe, sehingga belum mencakup implementasi dalam skala besar seperti kawasan perkotaan atau industri. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada penempatan sensor ultrasonik untuk mendeteksi volume sampah, dengan jenis sampah yang diamati terbatas pada sampah domestik kering dan tidak mencakup limbah cair atau sampah berbahaya. Penelitian ini hanya menggunakan sensor ultrasonik tanpa melibatkan jenis sensor tambahan, seperti sensor berat atau kamera visual, yang dapat meningkatkan ketelitian pengukuran. Selain itu, faktor eksternal seperti cuaca, getaran, dan gangguan sinyal tidak dipertimbangkan dalam pengujian. Pemantauan data dilakukan secara real-time melalui platform IoT yang memanfaatkan Firebase dan Kodular, tanpa adanya pengembangan algoritma analitik lanjutan untuk pemrosesan data lebih kompleks.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi keberadaan dan tingkat kepenuhan sampah secara real-time, menggunakan sensor ultrasonik dan platform Kodular. Integrasi metode Fuzzy Logic Mamdani memungkinkan sistem untuk mengatur respon servo motor berdasarkan kondisi sampah yang terdeteksi, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional dan pengurangan konsumsi energi. Penelitian ini juga membuka jalan untuk implementasi teknologi smart environment yang dapat diterapkan secara modular di berbagai skala, baik pada level domestik maupun industri. Selain memberikan solusi, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur akademik di bidang kecerdasan buatan (AI), IoT, dan pengelolaan sampah berkelanjutan, serta mendukung upaya penciptaan lingkungan yang lebih ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis dalam lima bab utama sebagai berikut:

- BAB I Pendahuluan berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kontribusi penelitian, serta sistematika penulisan yang menjadi dasar penyusunan laporan ini secara keseluruhan.
- BAB II Dasar Teori membahas landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep Internet of Things (IoT), prinsip kerja sensor ultrasonik, metode Fuzzy Logic Mamdani, serta teori terkait sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi otomatisasi.
- BAB III Metode Penelitian menjelaskan tahapan metodologi yang digunakan dalam merancang sistem, termasuk perancangan perangkat keras dan lunak, pemilihan alat dan bahan, metode pengumpulan data, serta prosedur pengujian dan evaluasi kinerja sistem.
- BAB IV Hasil dan Pembahasan menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah dirancang, dilengkapi dengan analisis

performa sistem, efektivitas deteksi level sampah, serta pembahasan terhadap kendala dan solusi yang ditemukan selama proses pengujian.

- BAB V Kesimpulan dan Saran memuat rangkuman hasil penelitian berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan, serta memberikan saran untuk pengembangan sistem ke arah yang lebih luas, baik dari segi teknis maupun fungsional pada implementasi skala lebih besar di masa mendatang.