

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan pengangkutan sampah saat ini merupakan isu lingkungan yang sangat mendesak, khususnya di wilayah urban dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2023, volume timbunan sampah nasional di Indonesia telah mencapai lebih dari 18,2 juta ton per tahun, di mana lebih dari 60% berasal dari aktivitas rumah tangga. Peningkatan volume sampah yang tidak diimbangi dengan sistem pengangkutan yang memadai dapat memicu terjadinya pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan masyarakat, serta permasalahan sosial lainnya.

Sistem pengangkutan sampah konvensional umumnya masih bersifat reaktif, dengan pola pengangkutan yang bersifat periodik tanpa mempertimbangkan kondisi aktual kapasitas tempat sampah. Akibatnya, sering dijumpai tempat penampungan yang meluap atau justru pengangkutan dilakukan dalam kondisi belum optimal. Keterbatasan dalam memperoleh data secara real-time mengenai posisi dan volume sampah menjadi salah satu hambatan utama dalam implementasi manajemen sampah yang efektif.

Seiring dengan berkembangnya paradigma *Smart City*, pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) mulai dikembangkan sebagai pendekatan inovatif dalam menyelesaikan permasalahan pengelolaan lingkungan, termasuk dalam konteks manajemen sampah. IoT memungkinkan integrasi antara perangkat

sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, serta sistem informasi berbasis web atau mobile, yang secara kolektif dapat mendeteksi, merekam, dan mengirimkan data secara real-time. Informasi ini kemudian digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*) dalam pengangkutan dan pemrosesan sampah.

Menurut hasil penelitian Hastuti, Erawati, dan Ardyanto (2023), sistem pemantauan kapasitas tempat sampah berbasis IoT yang terintegrasi dengan Google Maps mampu memberikan informasi visual secara langsung mengenai lokasi tempat sampah penuh, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan efektifitas dalam pengelolaan sampah.

Penelitian serupa oleh Farid, Kusumawardhana, dan Kurniawan (2022) menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor ultrasonik dan sistem Firebase untuk monitoring volume sampah secara real-time berkontribusi dalam pengembangan sistem informasi lingkungan yang responsif dan adaptif terhadap kondisi lapangan.

Integrasi sistem pemantauan tersebut dengan Google Maps API memungkinkan visualisasi peta digital secara dinamis, di mana petugas kebersihan dapat melihat status dan posisi geografis tempat sampah yang penuh, serta menerima rekomendasi rute terpendek dalam proses pengangkutan. Studi oleh Wiratama dan Pambuko (2022) menyatakan bahwa penggunaan algoritma rute berbasis Google Maps dalam sistem informasi logistik mampu menurunkan waktu tempuh dan konsumsi bahan bakar secara signifikan.

Berdasarkan temuan Sharma et al. (2021), implementasi sistem *Smart Waste Management* berbasis IoT dapat meningkatkan efektifitas operasional pengelolaan

sampah hingga 60% dan mengurangi frekuensi pengangkutan yang tidak perlu sebesar 40%. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi sensor, sistem informasi geografis (GIS), dan kecerdasan buatan merupakan solusi potensial dalam mengatasi permasalahan klasik pengelolaan sampah di wilayah perkotaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem manajemen sampah berbasis IoT yang terintegrasi dengan Google Maps, yang mampu memberikan informasi real-time mengenai status kapasitas tempat sampah dan membantu optimalisasi rute pengangkutan, guna mendukung sistem pengangkutan sampah yang lebih cerdas (*smart*), dan berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kurangnya sistem pemantauan real-time pada tempat sampah.
2. Pengangkutan sampah yang tidak efektif.
3. Tidak adanya sistem navigasi lokasi tempat sampah yang terintegrasi.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem manajemen sampah berbasis IoT yang mampu memantau kapasitas tempat sampah secara real-time?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem manajemen sampah dengan Google Maps untuk mempermudah pemantauan lokasi pengangkutan sampah?

1.4 Batasan Masalah

1. Sistem hanya mendeteksi volume sampah, yaitu kondisi tempat sampah apakah penuh atau belum penuh, menggunakan sensor ultrasonik berbasis IoT.
2. Sistem tidak melakukan penyortiran sampah berdasarkan bentuk (seperti padat dan cair), melainkan hanya mensortir berdasarkan jenisnya (Organik dan Anorganik).
3. Sistem terintegrasi dengan Google Maps hanya untuk menampilkan lokasi tempat sampah dan memberikan gambaran visual status tempat sampah (penuh/kosong) secara real-time.
4. Prototipe dikembangkan untuk skala simulasi atau lingkungan terbatas, dan belum diimplementasikan untuk skala kota secara penuh.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan prototipe sistem manajemen sampah berbasis IoT yang dapat mendeteksi volume sampah secara *real-time*.
2. Mengintegrasikan sistem tersebut dengan Google Maps untuk menampilkan lokasi tempat sampah dan rute optimal pengangkutan.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Menjadi referensi dan bahan kajian dalam pengembangan teknologi *smart city*, khususnya pada sistem berbasis IoT dan pemetaan digital.
2. Memberikan solusi inovatif bagi instansi pemerintah atau pengelola

lingkungan dalam meningkatkan efektivitas pengumpulan sampah.

1.7 Metode Penelitian

1.7.1 Metode Pengumpulan Data

1. Studi Literatur

Mengumpulkan dan menganalisis jurnal ilmiah terakreditasi (Sinta), buku, dan laporan teknis terkait *smart waste management*, IoT, *wireless sensor networks*, *data analytics*, dan teknologi terkait mikrokontroler serta memilih komponen serta arsitektur sistem yang paling sesuai.

2. Observasi

Melakukan pengamatan langsung di beberapa titik lokasi penampungan sampah (tempat sampah, tempat sampah) di area studi. Data yang diamati meliputi tingkat kepenuhan tempat sampah, jadwal pengangkutan, serta masalah yang sering terjadi seperti penumpukan limbah atau bau tak sedap.

1.7.2 Metode Pengembangan Sistem

1. Pengumpulan dan Analisis Kebutuhan Awal

Pada tahap ini, kebutuhan dasar sistem dikumpulkan melalui studi literatur, dan observasi. Fokusnya adalah memahami masalah inti dalam manajemen limbah dan fitur-fitur esensial yang diharapkan dari sistem pintar. Informasi ini menjadi dasar untuk pembuatan prototipe awal. Kebutuhan akan sensor (misalnya, sensor ultrasonik untuk tingkat kepenuhan, sensor gas untuk bau), modul komunikasi (Wi-Fi), platform *cloud* (Firebase), dan antarmuka

pengguna (aplikasi *mobile* atau *web dashboard*) diidentifikasi secara garis besar.

2. Desain Cepat

Berdasarkan kebutuhan awal, dilakukan perancangan cepat untuk membuat gambaran umum sistem. Ini mencakup sketsa kasar arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak, serta desain antarmuka pengguna yang sederhana. Tujuan utamanya adalah memiliki cetak biru yang cukup untuk mulai membangun prototipe fungsional.

3. Pembangunan Prototipe

Pada tahap ini, prototipe sistem dibangun. Prototipe ini adalah versi fungsional awal dari Smart Waste Management System yang mencakup fitur-fitur dasar seperti pembacaan sensor (misalnya, tingkat kepenuhan sampah), transmisi data ke platform *cloud* (Firebase), dan tampilan data sederhana pada antarmuka pengguna (aplikasi *mobile* atau *web dashboard*). Penggunaan mikrokontroler (misalnya Arduino atau ESP32), sensor, dan integrasi dengan Firebase dilakukan secara bertahap untuk memvalidasi konsep.

4. Evaluasi Prototipe

Prototipe yang telah dibangun diuji fungsi untuk dievaluasi. Tahap ini sangat penting untuk mengidentifikasi keberhasilan alat berfungsi dengan baik.

5. Penyebaran dan Pemeliharaan

Sistem Smart Waste Management yang telah lolos pengujian disebarkan di lokasi operasional. Tahap pemeliharaan melibatkan pemantauan kinerja

sistem secara berkelanjutan, pembaruan perangkat lunak, perbaikan *bug*, dan adaptasi terhadap perubahan kebutuhan atau lingkungan.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini diuraikan dalam lima bab, dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori-teori pendukung yang digunakan dalam pembahasan mengenai smart waste management system berbasis IoT.

BAB III: METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang perencanaan smart waste management system berbasis IoT.

BAB IV: PEMBAHASAN

Pada bab ini, menjelaskan implementasi perangkat Smart Waste management system berbasis IoT yang telah dibuat serta memaparkan hasil uji coba dan evaluasi sistem.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi tentang rangkuman hasil penelitian yang disertakan analisis teori yang ada dan saran bagi penelitian selanjutnya.