

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan dampak signifikan di berbagai sektor industri, termasuk dalam bidang pengelolaan sampah [1], [2]. Seiring dengan meningkatnya urbanisasi dan pertumbuhan jumlah penduduk, kota-kota menghadapi tantangan yang semakin kompleks dalam menangani volume sampah yang terus bertambah [3], [4]. Saat ini, sebagian besar sistem pengelolaan sampah masih dilakukan secara manual [5], [6]. Petugas umumnya mengumpulkan sampah berdasarkan jadwal yang telah ditentukan, namun kenyataannya, tempat sampah kerap kali sudah penuh sebelum waktu pengambilan tiba. Selain itu, kapasitas kendaraan pengangkut sering kali tidak mencukupi untuk membawa seluruh sampah dari titik-titik pengumpulan, yang mencerminkan ketidakefisienan dalam sistem pengelolaan saat ini [7], [8]. Akibatnya, sampah yang tertunda pengangkutannya dapat menumpuk dan menimbulkan bau tidak sedap [9]. Mengingat besarnya volume sampah yang dihasilkan setiap hari, dibutuhkan suatu sistem yang mampu mendukung pengelolaan sampah secara lebih efektif dan efisien. Hal ini penting, karena pengelolaan sampah yang buruk dapat memicu pertumbuhan serangga, bakteri, dan virus yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia [10], [11].

Salah satu penerapan IoT yang relevan dalam pengelolaan sampah adalah penggunaan tempat sampah pintar yang dilengkapi dengan sensor [12], [13]. Sistem ini memungkinkan pemantauan kapasitas tempat sampah secara *real-time* dan mengirimkan notifikasi kepada petugas saat tempat sampah perlu dikosongkan [14]. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga membantu menjaga kebersihan lingkungan dengan mengurangi risiko tempat sampah yang meluap [15], [16]. Selain itu, teknologi ini juga dapat mengoptimalkan rute pengumpulan sampah, sehingga dapat menghemat waktu, biaya, dan sumber daya [17], [18]. Dengan mengintegrasikan data sensor ke dalam *platform* aplikasi manajemen sampah, petugas dapat mengambil keputusan yang lebih akurat dan responsif dalam pengelolaan sampah [19], [20].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan sampah berbasis IoT. Penelitian mengembangkan prototipe aplikasi Android untuk memantau kondisi tempat sampah secara *real-time*, di mana data dari sensor dikirimkan ke *database* dan ditampilkan dalam bentuk notifikasi. Penelitian lainnya [4] mengusulkan penggunaan sensor berat dan sensor jarak untuk mengukur kapasitas tempat sampah, yang juga terintegrasi dengan aplikasi Android.

Beberapa penelitian lain [10], [21], [22] menyajikan sistem pemantauan yang dapat menampilkan data tingkat kepenuhan dan status tempat sampah melalui aplikasi Android. Namun demikian, masih terdapat sejumlah kekurangan, seperti tampilan antarmuka yang kurang ramah pengguna, belum adanya sistem otomatis untuk membuka atau menutup tutup tempat sampah, ketiadaan fitur penentuan rute pengangkutan yang optimal, serta belum dipertimbangkannya kapasitas kendaraan pengangkut dalam perhitungan rute.

Berdasarkan analisis terhadap potensi dan tantangan dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan tempat sampah berbasis IoT yang terintegrasi dengan aplikasi Android. Sistem ini tidak hanya menampilkan data kondisi tempat sampah secara *real-time*, tetapi juga dilengkapi dengan fitur penentuan rute pengangkutan yang mempertimbangkan status kepenuhan tempat sampah dan kapasitas kendaraan pengangkut. Dengan adanya fitur ini, diharapkan proses pengumpulan sampah dapat dilakukan secara lebih efisien dan terorganisir. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, serta menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat bagi masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah dan Solusi

Dalam upaya mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif dan efisien, penelitian ini berfokus pada pengembangan teknologi berbasis IoT pada tempat sampah. Adapun rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana mengembangkan sistem *monitoring* tempat sampah berbasis IoT yang dapat memberikan informasi secara *real time*?
2. Bagaimana merancang antarmuka aplikasi Android yang ramah pengguna untuk memudahkan pemantauan status tempat sampah?
3. Bagaimana mengimplementasikan sistem buka-tutup otomatis pada tempat sampah guna meningkatkan aspek higienitas?
4. Bagaimana mengintegrasikan fitur pelacakan lokasi tempat sampah untuk mengoptimalkan rute pengambilan sampah?
5. Bagaimana sistem dapat mengirimkan notifikasi saat tempat sampah mencapai kapasitas maksimum?

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, solusi teknis berikut diusulkan:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem IoT menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur tingkat kepenuhan tempat sampah, dan mengintegrasikannya dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengirimkan data secara *real time* ke *database* Firebase.

2. Mengembangkan aplikasi Android dengan desain *interface* yang intuitif menggunakan Android Studio dan bahasa pemrograman Kotlin, dengan memperhatikan prinsip-prinsip *User Experience* (UX) dan *User Interface* (UI). Aplikasi akan menampilkan informasi status tempat sampah dalam bentuk *dashboard* informatif yang menyajikan status tempat sampah.
3. Mengintegrasikan sensor *Infrared* untuk mendeteksi kehadiran pengguna dan motor servo untuk menggerakkan tutup tempat sampah secara otomatis.
4. Mengimplementasikan modul GPS NEO-6M untuk memperoleh koordinat tempat sampah yang diolah menggunakan algoritma Greedy dalam visualisasi *polyline* melalui Google Maps API. Modul GPS ini juga diintegrasikan dengan ESP32 untuk pengiriman data *real-time* ke Firebase.
5. Mengembangkan sistem notifikasi menggunakan Notifikasi *Builder* yang akan mengirimkan notifikasi ke *user* ketika tingkat kepenuhan tempat sampah melebihi ketinggian 75%.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengelolaan sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi Android. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem *monitoring* tempat sampah yang dapat mengukur tingkat kepenuhan menggunakan sensor ultrasonik serta mengirimkan data secara *real time* ke *database*.
2. Mengembangkan aplikasi Android yang ramah pengguna, dilengkapi fitur *dashboard* dan sistem notifikasi untuk memantau kondisi tempat sampah secara *real-time*.
3. Menerapkan sistem buka-tutup otomatis pada tempat sampah dengan deteksi keberadaan pengguna menggunakan sensor *infrared*, dengan waktu respon maksimum 7 detik.
4. Mengintegrasikan fitur pelacakan lokasi tempat sampah secara *real-time* dan menampilkan rute pengangkutan optimal dengan algoritma Greedy melalui Google Maps API.
5. Merancang sistem notifikasi yang mampu mengirimkan peringatan ketika tempat sampah melebihi 75% dari kapasitas tempat sampah.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memastikan pengembangan sistem yang terarah dan efektif, proyek pemantauan tempat sampah berbasis IoT ini memiliki beberapa batasan yang telah ditetapkan. Batasan-batasan ini mencakup ruang lingkup proyek, batasan produk, serta batasan teknis yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Proyek:

- a. Sistem hanya akan mencakup pemantauan tempat sampah di lingkup wilayah tertentu, tidak untuk seluruh kota.
- b. Sistem hanya akan fokus pada pengelolaan sampah di tingkat komunal, tidak mencakup pengelolaan sampah individual di rumah tangga.

2. Batasan Produk:

- a. Sistem pemantauan tempat sampah berbasis IoT hanya akan menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur tingkat kepenuhan tempat sampah, tanpa sensor tambahan lainnya seperti sensor berat atau sensor isi.
- b. Aplikasi Android yang dikembangkan hanya akan mencakup fitur-fitur dasar seperti dashboard status tempat sampah, sistem notifikasi, fitur pelacakan lokasi tempat sampah, fitur penentuan rute prngangkutan sampah, dan tidak akan mencakup fitur-fitur tambahan yang kompleks.
- c. Sistem pembuka-penutup tutup tempat sampah secara otomatis hanya akan menggunakan sensor *infrared* untuk mendeteksi keberadaan pengguna dan motor servo untuk menggerakkan tutup, tanpa fitur tambahan lain.
- d. Integrasi data dari sensor-sensor IoT ke dalam *platform* manajemen sampah kota yang lebih luas tidak termasuk dalam ruang lingkup proyek ini.

3. Batasan Teknis:

- a. Sistem IoT akan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dari sensor-sensor.
- b. Aplikasi Android akan dikembangkan menggunakan Android Studio dan bahasa pemrograman Kotlin.
- c. Integrasi dengan Google Maps API untuk fitur pelacakan lokasi tempat sampah dan penentuan rute prngangkutan sampah.
- d. Penyimpanan data sensor, kordinat tempat sampah serta data kendaraan akan menggunakan database Firebase.

1.5 Penjadwalan Kerja

Pelaksanaan pengembangan sistem pemantauan tempat sampah berbasis IoT ini telah direncanakan secara sistematis dengan membagi kegiatan ke dalam 11 tahapan utama. Setiap tahapan memiliki durasi dan periode pelaksanaan yang telah disesuaikan dengan kompleksitas dan ketergantungan antar kegiatan, sebagaimana diuraikan dalam tabel 1.1 dan 1.2 berikut:

Tabel 1.1 Tabel Pelaksanaan Kerja 2024

No	Kegiatan	2024																				
		Agustus				September				Oktober				November				Desember				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Pengenalan Magang																					
2	Studi literatur																					
3	Diskusi Tim																					
4	Perancangan perangkat keras IoT																					
5	Perancangan perangkat lunak aplikasi																					
6	Evaluasi hasil rancangan																					
7	Pembangunan perangkat keras IoT																					
8	Pembangunan perangkat lunak aplikasi																					
9	Evaluasi hasil pembangunan																					
10	Implementasi hasil																					
11	Penyusunan laporan magang																					

Tabel 1.2 Tabel Pelaksanaan Kerja 2025

No	Kegiatan	2025																				
		Januari				Februari				Maret				April				Mei				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Pengenalan Magang																					
2	Studi literatur																					
3	Diskusi Tim																					
4	Perancangan perangkat keras IoT																					
5	Perancangan perangkat lunak aplikasi																					
6	Evaluasi hasil rancangan																					
7	Pembangunan perangkat keras IoT																					
8	Pembangunan perangkat lunak aplikasi																					
9	Evaluasi hasil pembangunan																					
10	Implementasi hasil																					
11	Penyusunan laporan magang																					