# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Urbanisasi yang berlangsung secara cepat telah meningkatkan volume timbulan sampah perkotaan secara signifikan, sehingga menimbulkan tantangan besar bagi perencanaan kota modern. Menurut Yigitcanlar et al. (2022), kerangka kerja smart city yang mengintegrasikan Information and Communication Technology (ICT) dan Internet of Things (IoT) dinilai dapat mengoptimalkan penyelenggaraan layanan perkotaan secara substansial, termasuk dalam aspek logistik pengumpulan sampah. Namun, metode pengelolaan sampah konvensional pada umumnya masih belum efisien karena minimnya fasilitas pelacakan secara real-time, sistem penagihan yang transparan, serta saluran komunikasi yang efektif antara warga dan penyedia layanan (Alourani et al., 2025; Onur et al., 2024).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengeksplorasi solusi digital untuk pengelolaan sampah. Cheema et al. (2022) menunjukkan bahwa jaringan sensor IoT dapat mengotomatisasi pemantauan tempat sampah dan pemberian notifikasi pengumpulan, sementara Olawade et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem klasifikasi berbasis AI mampu meningkatkan akurasi penyortiran sampah di lingkungan perkotaan. Selain itu, Fernandez-Nunez et al. (2025) mengonfirmasi bahwa platform manajemen berbasis aplikasi mobile secara signifikan dapat meningkatkan transparansi operasional dalam konteks smart city. Meskipun demikian, sistem-sistem yang telah ada tersebut secara umum masih lebih berfokus pada dimensi logistik pengelolaan sampah, dengan perhatian yang terbatas terhadap aspek aksesibilitas yang berorientasi pada warga sebagai pengguna akhir. Oleh karena itu, digitalisasi pengelolaan sampah melalui aplikasi mobile yang inklusif menjadi strategi penting untuk menjamin keberlanjutan lingkungan sekaligus efisiensi operasional (Onur et al., 2024; Pardini et al., 2019).

Di samping kesenjangan logistik tersebut, berbagai aplikasi pengelolaan sampah berbasis IoT yang ada saat ini juga masih memiliki kesenjangan yang signifikan dalam aspek pengalaman pengguna (user experience) dan aksesibilitas. Proses logistik pengelolaan sampah yang komprehensif, seperti pendaftaran layanan pengumpulan, pelacakan jadwal, hingga pengisian data pembayaran, kerap bersifat prosedural,

kompleks, dan kurang intuitif bagi pengguna pada umumnya. Sebagaimana ditegaskan oleh Tao et al. (2022), kompleksitas ini secara khusus berdampak lebih besar pada populasi lanjut usia (60 tahun ke atas) yang cenderung memiliki tingkat efikasi diri digital (digital self-efficacy) yang jauh lebih rendah. Demikian pula, Shakeel et al. (2025) menemukan bahwa rendahnya literasi digital di kalangan masyarakat perkotaan masih menjadi penghambat utama dalam adopsi layanan smart city. Zaman et al. (2023) juga mencatat bahwa platform IoT pengelolaan sampah yang bersifat otonom seringkali belum menyediakan antarmuka yang intuitif bagi beragam profil warga. Kesenjangan-kesenjangan penelitian tersebut menegaskan perlunya model interaksi yang inklusif dan berbasis AI, yang tidak hanya berorientasi pada optimalisasi logistik, tetapi juga pada aksesibilitas yang berpusat pada manusia (human-centered accessibility) dalam sistem pengelolaan sampah perkotaan.

Untuk mengatasi kendala navigasi tersebut, integrasi agen percakapan berbasis Artificial Intelligence (AI), khususnya chatbot dan voice assistant, telah muncul sebagai solusi transformatif dalam desain aplikasi mobile (Jakob et al., 2025; Wisesa et al., 2025). Agen AI yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada Large Language Model (LLM) modern, dengan memanfaatkan model generatif yang terhubung melalui API untuk pemahaman bahasa alami dan penghasilan respons, yang berbeda dari sistem Natural Language Processing (NLP) berbasis aturan (rule-based) tradisional. Agen berbasis LLM mampu menangani pertanyaan terbuka (open-ended), tindak lanjut yang kontekstual, serta maksud pengguna yang bernuansa dengan fleksibilitas yang jauh lebih besar (Zhang & Liu, 2023). Islam dan Chaudhry (2023) menunjukkan bahwa asisten AI berbasis suara secara substansial dapat meningkatkan inklusi digital pada kelompok lansia dan populasi dengan literasi rendah, sementara Iliev dan Ilieva (2023) mengonfirmasi bahwa sistem chatbot berbasis NLP mampu mencapai tingkat penyelesaian tugas (task completion rate) yang tinggi pada aplikasi layanan publik.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu terletak pada fokus penelitian sebelumnya, seperti Wisesa et al. (2025), yang umumnya hanya menitikberatkan pada sistem chatbot berbasis teks untuk penyebaran informasi, tanpa menghubungkan AI percakapan tersebut ke basis data operasional yang aktif maupun menyertakan interaksi suara yang multimodal. Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini secara unik mengintegrasikan baik chatbot berbasis teks (LLM) maupun voice assistant multimodal yang mencakup kemampuan Speech-to-Text (STT) dan Text-to-Speech (TTS), yang terhubung langsung dengan RESTful backend API serta basis data

operasional yang aktif, sehingga memungkinkan interaksi transaksional secara real-time, seperti pertanyaan terkait penagihan, pendaftaran jadwal, dan pembaruan status pengumpulan. Arsitektur dual-modalitas ini secara khusus menyasar pengguna lansia dan kelompok dengan literasi digital terbatas sebagai penerima manfaat utama, sehingga mengatasi kesenjangan aksesibilitas kritis yang belum terjawab pada implementasi-implementasi sebelumnya (Nikitas et al., 2024; Lozano Murciego et al., 2023).

## 1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan aplikasi mobile pengelolaan sampah yang mengintegrasikan AI Chatbot berbasis teks dan Voice Assistant berbasis Large Language Model (LLM) guna meningkatkan aksesibilitas layanan, khususnya bagi pengguna lansia dan kelompok dengan literasi digital terbatas?
2. Bagaimana performa sistem AI Chatbot dan Voice Assistant tersebut dilihat dari aspek latensi respons dan keterhubungannya dengan basis data operasional secara real-time?
3. Apa saja kelebihan dan keterbatasan dari integrasi AI multimodal (chatbot dan voice assistant) pada aplikasi pengelolaan sampah berbasis smart city?

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan aplikasi mobile pengumpulan sampah yang terintegrasi dengan AI Chatbot berbasis teks dan Voice Assistant yang didukung oleh teknologi Large Language Model (LLM), dengan target utama pengguna lansia dan kelompok dengan literasi digital rendah sebagai penerima manfaat utama. Secara lebih spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membangun arsitektur sistem aplikasi mobile pengelolaan sampah berbasis framework Flutter yang terintegrasi dengan AI Chatbot dan Voice Assistant melalui RESTful backend API.

2. Melakukan pengujian fungsional terhadap modul-modul inti aplikasi menggunakan metode black-box testing.
3. Mengevaluasi performa sistem AI Chatbot dan Voice Assistant berdasarkan latensi respons melalui pengujian otomatis untuk mengukur efektivitas dan kelayakan penerapan sistem secara real-time.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang integrasi Artificial Intelligence, khususnya Large Language Model (LLM), dengan sistem aplikasi mobile berbasis smart city untuk pengelolaan sampah. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pengembang sistem maupun pemerintah daerah dalam merancang layanan pengelolaan sampah perkotaan yang lebih inklusif, transparan, dan efisien, khususnya untuk menjembatani kesenjangan aksesibilitas digital bagi pengguna lansia dan kelompok dengan literasi digital terbatas.

## 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu: (1) aplikasi dikembangkan menggunakan framework Flutter dengan arsitektur RESTful API sebagai penghubung antara aplikasi klien, basis data, dan layanan AI backend; (2) basis pengetahuan AI Chatbot dan Voice Assistant dibatasi pada konteks pengelolaan sampah perkotaan, sehingga pertanyaan di luar lingkup tersebut akan direspons melalui mekanisme fallback; dan (3) evaluasi performa sistem difokuskan pada pengujian fungsional black-box dan pengukuran latensi respons, tanpa mencakup pengujian skala besar pada kondisi jaringan nyata yang bervariasi.

## 1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu: (1) aplikasi dikembangkan menggunakan framework Flutter dengan arsitektur RESTful API sebagai penghubung antara aplikasi klien, basis data, dan layanan AI backend; (2) basis pengetahuan AI Chatbot dan Voice Assistant dibatasi pada konteks pengelolaan sampah perkotaan, sehingga pertanyaan di luar lingkup tersebut akan direspons melalui mekanisme fallback; dan (3) evaluasi performa sistem difokuskan pada pengujian fungsional black-box dan pengukuran latensi respons, tanpa mencakup pengujian skala besar pada kondisi jaringan nyata yang bervariasi.