

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah masih menjadi salah satu permasalahan serius bagi lingkungan. Penumpukan sampah akibat pengelolaan yang kurang baik dapat mencemari lingkungan, terutama di area yang luas dan terpencil. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2021, jumlah timbunan sampah di Indonesia mencapai 21,4 juta ton. Permasalahan ini semakin kompleks seiring dengan pertumbuhan populasi yang menyebabkan peningkatan produksi sampah dari rumah tangga maupun industri. Jika tidak ditangani dengan baik, penumpukan sampah dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran udara, banjir, bau tidak sedap, serta risiko terhadap kesehatan masyarakat [1].

Salah satu faktor penyebab penumpukan sampah adalah kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya. Meskipun tempat sampah telah disediakan, banyak orang enggan menggunakannya karena alasan seperti malas bergerak atau takut menyentuh tempat sampah yang kotor dan berbau. Selain itu, sering kali tempat sampah yang sudah penuh tidak segera dikosongkan, sehingga sampah meluber dan mencemari lingkungan.

Perkembangan teknologi yang pesat, terutama dalam sistem komunikasi nirkabel, memungkinkan berbagai solusi dalam pengelolaan sampah. Salah satu teknologi yang berkembang adalah LoRa (*Long Range*), yang memungkinkan komunikasi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Teknologi LoRa dapat digunakan dalam sistem pemantauan sampah untuk mengirimkan data secara efisien tanpa bergantung pada jaringan internet atau Wi-Fi [2]. Kemajuan dalam bidang elektronika, khususnya mikrokontroler dan sensor, juga membuka peluang untuk menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif dan efisien [3].

Berbagai upaya teknis telah dilakukan oleh peneliti terdahulu untuk mengatasi masalah ini. Pada Penelitian Widodo dkk tahun 2019 kelemahan penelitian ini terletak pada ketergantungan sistem terhadap koneksi Wi-Fi yang memiliki jangkauan terbatas dan konsumsi daya relatif tinggi, serta penggunaan notifikasi e-mail yang kurang responsif (tidak *real-time*) untuk peringatan cepat dibandingkan sistem komunikasi langsung. Penelitian

Muntasiroh dkk tahun 2022 kelemahan penelitian ini adalah penggunaan komunikasi berbasis internet (IoT) untuk notifikasi Telegram yang mengharuskan adanya kuota data atau sinyal seluler stabil, sehingga kurang handal jika diterapkan di lokasi *blank spot* meskipun telah menggunakan sumber daya mandiri (sel surya). Dan penelitian Putri dkk tahun 2023 kelemahan dari sistem ini adalah ketergantungan penuh pada ketersediaan jaringan internet dan server pihak ketiga (Blynk), sehingga sistem tidak dapat berfungsi jika terjadi gangguan sinyal atau server *down*, serta konsumsi energi Wi-Fi yang cukup boros untuk perangkat bertenaga baterai.

Keterbatasan pada penelitian-penelitian tersebut menunjukkan perlunya pengembangan sistem yang lebih mandiri dan handal. Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel LoRa (*Long Range*) hadir sebagai solusi yang memungkinkan komunikasi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah tanpa bergantung pada jaringan internet ataupun server pihak ketiga [2]. Selain itu, integrasi dengan sumber energi terbarukan juga diperlukan untuk menjamin keberlangsungan alat di lokasi *outdoor*.

Berdasarkan permasalahan dan peluang tersebut, penelitian ini mengusulkan "Rancang Bangun Sistem Tempat Sampah Pintar dengan Komunikasi LoRa Point-to-Point Berbasis Arduino Nano dan ESP32".

1.2 Permasalahan

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Pengelolaan sampah yang kurang optimal menyebabkan penumpukan sampah di tempat pembuangan sementara (TPS) karena tidak adanya sistem pemantauan otomatis yang dapat memberikan notifikasi ketika tempat sampah penuh.
- b. Sistem pemantauan tempat sampah yang ada masih bergantung sepenuhnya pada koneksi internet (WiFi/GSM), sehingga menjadi kendala saat diterapkan di lokasi terpencil dengan jaringan yang terbatas (seperti area *blank spot* atau sinyal tidak stabil) yang mengakibatkan kegagalan pengiriman data.
- c. Mayoritas sistem tempat sampah pintar masih menggunakan sumber daya listrik utama dari PLN, sehingga kurang fleksibel (sulit dipindah-pindah dan rumit instalasi kabelnya) untuk diterapkan di lokasi terpencil yang sulit mendapatkan akses pasokan listrik.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk memecahkan permasalahan yang telah dirumuskan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah

- a. Merancang dan mengembangkan sistem tempat sampah pintar yang mampu memantau tingkat kepenuhan sampah secara otomatis serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah.
- b. Menerapkan teknologi LoRa point-to-point dalam sistem pemantauan sampah agar dapat mengirimkan data secara efisien tanpa bergantung pada jaringan internet atau Wi-Fi.
- c. Mengintegrasikan sumber daya PLTS off-grid sebagai solusi daya yang mandiri, sehingga sistem dapat beroperasi secara optimal di berbagai lokasi, termasuk area yang tidak memiliki akses listrik dari PLN.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup batasan masalah dalam skripsi tugas akhir ini dibatasi pada:

- a. Variabel Input (Sensor)
 - Parameter Ketinggian Sampah: Pengukuran volume sampah dilakukan menggunakan sensor ultrasonik (HC-SR04) dengan satuan sentimeter (cm). Kondisi "Penuh" didefinisikan ketika jarak permukaan sampah mendekati sensor (misal: jarak < 5 cm atau volume > 80%).
 - Parameter Deteksi Pengguna: Pendeteksian keberadaan manusia dilakukan menggunakan sensor Infrared Obstacle Avoidance dengan jarak deteksi efektif antara 5 cm hingga 30 cm untuk memicu pembukaan tutup sampah.
- b. Variabel Output (Aktuator dan Notifikasi)
 - Mekanisme Buka-Tutup: Pergerakan tutup tempat sampah dikendalikan oleh Motor Servo dengan perubahan sudut 0° (tertutup) hingga 90° (terbuka).
 - Indikator Peringatan: Buzzer aktif sebagai alarm suara pada dua kondisi: di sisi RTU saat sampah penuh dan orang mendekat, serta di sisi MTU saat menerima data "Penuh".
 - Notifikasi Digital: Informasi status dikirimkan ke pengguna melalui Bot Telegram yang dikelola oleh mikrokontroler di sisi penerima (MTU).

- c. Parameter Komunikasi dan Kendali
 - Protokol Komunikasi: Menggunakan modul LoRa (Long Range) dengan topologi *Point-to-Point* pada frekuensi kerja 915 MHz untuk transmisi data jarak jauh tanpa internet antara tempat sampah dan pos pemantauan.
 - Unit Pengendali pada RTU yaitu arduino nano dan pada MTU yaitu ESP32.
 - Sistem Off-Grid: Sumber daya pada sisi RTU bersifat mandiri menggunakan Panel Surya (PLTS) dan baterai, tanpa koneksi ke jala-jala listrik PLN.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Agar perancangan dan penelitian ini mendapatkan data yang akurat dan objektif, sehingga data tersebut dapat dijadikan acuan perancangan alat yang lebih terarah, maka diperlukan metode penelitian. Metode - metode yang dilakukan selama pelaksanaan skripsi, yaitu:

- a. Studi Literatur dan Studi lapangan

Studi literatur dan studi lapangan adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data, membaca dan mencatat, serta mengelola bahan penelitian. Desain – desain yang sudah dilakukan sebelumnya menjadi referensi dalam rancang bangun sistem tempat sampah pintar dengan komunikasi LoRa *Point-to-Point* Berbasis Arduino Nano dan ESP32.
- b. Perancangan dan Implementasi

Perancangan dan implementasikan untuk membuat desain sistem kelistrikan dalam rancang bangun sistem tempat sampah pintar dengan komunikasi LoRa *Point-to-Point* Berbasis Arduino Nano dan ESP32.
- c. Pengujian dan *Troubleshooting*.

Metode ini dilakukan pengujian dalam rancang bangun sistem tempat sampah pintar dengan komunikasi LoRa *Point-to-Point* Berbasis Arduino Nano dan ESP32. Jika terjadi masalah maka akan dilakukan proses *troubleshooting* untuk menyelesaikan masalah yang ada, sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan. Pengujian yang dilakukan terdiri dari beberapa pengujian, yaitu: mulai dari pengujian individual per bagian komponen, pengujian terhadap respon akurat dari sensor, dan pengujian fungsi sistem.

d. Analisis dan Penyempurnaan

Analisis merupakan pengujian seberapa besar kinerja dari model sistem yang telah dirancang. Jika terjadi ketidaksempurnaan maka akan segera dilakukan perbaikan.

e. Penulisan laporan

Yaitu penulisan hasil perancangan dan percobaan dari laporan tugas Akhir.

