

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik saat ini menjadi salah satu isu lingkungan yang semakin serius, terutama akibat meningkatnya penggunaan produk plastik sekali pakai seperti botol minuman. Plastik banyak digunakan karena memiliki sifat ringan, praktis, dan relatif murah, namun material ini sangat sulit terurai secara alami sehingga menyebabkan penumpukan sampah dalam jangka panjang dan berdampak buruk terhadap lingkungan (Segara et al., 2025). Akumulasi sampah plastik tidak hanya mencemari kawasan daratan, tetapi juga wilayah perairan dan pesisir, serta menimbulkan berbagai ancaman ekologis dan gangguan kesehatan masyarakat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan sampah plastik masih menjadi tantangan besar yang memerlukan perhatian serius.

Provinsi Riau, Khususnya di Kota Pekanbaru, permasalahan serupa juga terjadi seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas konsumsi masyarakat (Erison et al., 2023). Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sebagai lokasi utama pembuangan sampah yang mengalami kelebihan kapasitas dan masih menggunakan metode *open dumping* yang kurang ramah lingkungan. Kondisi tersebut menyebabkan munculnya berbagai permasalahan seperti pencemaran tanah dan air akibat lindi, emisi gas berbahaya, serta menurunnya kenyamanan masyarakat sekitar. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sampah yang ada masih belum optimal dalam mengatasi peningkatan volume sampah, khususnya sampah plastik (Sobrina & Gupitha, 2023).

Permasalahan penumpukan sampah plastik juga dapat ditemukan pada lingkungan institusi pendidikan, termasuk di Politeknik Caltex Riau (PCR). Berdasarkan hasil pengamatan, tingkat konsumsi minuman kemasan di lingkungan kampus masih tergolong tinggi, terutama pada mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika (TRSE). Aktivitas perkuliahan dan praktikum yang padat membuat penggunaan minuman dalam botol plastik sekali pakai menjadi pilihan yang praktis bagi mahasiswa (Sirajuddin et al., 2025). Namun, tingginya penggunaan botol plastik tersebut belum diimbangi dengan kesadaran mahasiswa

dalam melakukan pemilahan dan pengelolaan sampah yang baik. Masih banyak sampah botol plastik yang dibuang bercampur dengan jenis sampah lain atau ditinggalkan di area fasilitas umum kampus (Ismail et al., 2021). Rendahnya partisipasi masyarakat, termasuk mahasiswa, dalam memilah sampah menjadi salah satu faktor yang mempercepat penumpukan sampah di TPA dan menghambat proses daur ulang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu inovasi yang tidak hanya bersifat himbauan, tetapi juga mampu meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat melalui pendekatan teknologi yang menarik dan aplikatif (Pane, n.d.). Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan Reverse Vending Machine (RVM), yaitu mesin otomatis yang dapat menerima sampah botol plastik, melakukan proses identifikasi dan validasi, kemudian memberikan insentif kepada pengguna. Pada penelitian ini, sistem insentif yang digunakan tidak lagi berupa koin fisik, melainkan skema insentif digital berupa poin yang ditampilkan pada sistem dan dicetak dalam bentuk struk transaksi. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mendukung konektivitas WiFi sehingga mampu mengirim dan menerima data secara real-time (Ismail et al., 2021). Selain itu, alat dilengkapi dengan sensor proximity induktif dan kapasitif, load cell berbasis modul HX711, mekanisme conveyor, serta aktuator servo untuk mendukung proses identifikasi dan pemilahan botol secara otomatis. Dengan demikian, perancangan dan realisasi Reverse Vending Machine dengan skema insentif digital diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan partisipasi masyarakat, khususnya mahasiswa, dalam pengelolaan sampah botol plastik sekaligus mendukung terciptanya sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif, efisien, dan terintegrasi secara digital.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang dan mengintegrasikan rangkaian hardware yang terdiri dari sensor, mikrokontroler, serta aktuator agar dapat bekerja secara terkoordinasi?

- b. Bagaimana kinerja sensor load cell, proximity induktif, dan proximity kapasitif dalam melakukan pengukuran berat serta identifikasi material objek pada sistem Reverse Vending Machine?
- c. Bagaimana kinerja keseluruhan sistem Reverse Vending Machine dalam menerima, mengidentifikasi, menimbang, memilah objek, menampilkan hasil pada Nextion HMI, serta mencetak struk sebagai keluaran sistem?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan agar tetap terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dirumuskan:

- a. Sistem yang dibahas terutama pada desain mekanik dan sistem pengendalian sensor untuk Reverse Vending Machine
- b. Pengujian sistem dilakukan menggunakan botol plastik PET ukuran 600 ml dan 1,5 L sebagai objek utama, serta kaleng sebagai objek pembanding untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam membedakan material logam dan botol plastik PET. Pengujian kaleng tidak termasuk dalam objek penerimaan utama dan tidak memperoleh insentif dari sistem.
- c. Sistem yang dirancang hanya mencakup proses penerimaan botol, deteksi berat botol sehingga menghasilkan output berupa struk transaksi sebagai insentif digital kepada pengguna.
- d. Reverse Vending Machine yang dibuat tidak mencakup proses pengolahan atau daur ulang lanjutan terhadap botol plastik yang telah dikumpulkan.
- e. Alat yang dirancang dan dibangun dalam penelitian ini berupa prototype sebagai model pengembangan dan pengujian sistem.
- f. Sistem melakukan akuisisi data dari sensor yang digunakan, meliputi data deteksi objek, jenis material, dan berat botol.
- g. Conveyor yang digunakan pada penelitian ini hanya berfungsi sebagai media pemindah botol menuju area deteksi dan pemilahan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan proyek akhir ini dapat dilihat sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem Reverse Vending Machine (RVM) berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu bekerja secara otomatis.
2. Merancang dan membangun sistem yang dapat menerima botol plastik sebagai input sehingga memberikan output berupa struk transaksi sebagai bentuk insentif digital kepada pengguna alat RVM.

1.4.2 Manfaat

Manfaat proyek ini dapat dilihat sebagai berikut:

1. Sebagai referensi dalam pengembangan teknologi tepat guna di bidang pengelolaan limbah plastik serta sistem otomasi berbasis ESP32.
2. Mendorong peningkatan kesadaran mahasiswa PCR terhadap pentingnya menjaga kebersihan lingkungan melalui kebiasaan membuang sampah botol plastik pada tempat yang telah disediakan.
3. Meningkatkan partisipasi mahasiswa PCR dalam mengurangi limbah plastik melalui pemberian insentif berupa struk transaksi sebagai bagian dari sistem insentif digital.