
Prototipe Sistem Pencacah Botol Plastik Menggunakan RFID Berbasis Internet of Things

Arfan Naufal Syafiq¹, Didik Notosudjono², Bloko Budi Rijadi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Pakuan, Bogor – Indonesia

Email: arfansyafiq6@gmail.com¹, didiknotosudjono@unpak.ac.id², bloko.budirijadi@unpak.ac.id³

Abstrak

Peningkatan konsumsi air minum dalam kemasan berdampak pada tingginya volume sampah botol plastik yang sulit terurai. Penelitian ini merancang dan mengembangkan prototipe sistem pencacah botol plastik berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan RFID, load cell, motor DC, dan mikrokontroler ESP32. Sistem memungkinkan identifikasi pengguna, pencacahan botol secara otomatis, penimbangan hasil cacahan, dan penyimpanan data transaksi ke cloud Firebase. Pengguna dapat melakukan pengecekan saldo digital melalui aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsinya secara konsisten: keberhasilan pembacaan RFID mencapai 100%, waktu pencacahan 12–17 detik per botol, akurasi load cell 96–98%, dan latensi IoT 1–3 detik. Sistem ini berpotensi diterapkan sebagai mesin bank sampah digital yang efisien dan transparan.

Kata Kunci: RFID, Load Cell, ESP32, IoT, Bank Sampah Digital, Motor DC.

Abstract

The increasing use of bottled drinking water contributes significantly to rising plastic waste generation. This study developed an IoT-based plastic bottle shredding system integrated with RFID, a load cell sensor, a DC motor, and an ESP32 microcontroller. The system can identify users, automatically shred bottles, weigh shredded output, and store transaction data in Firebase. Users can view their digital balance through Telegram. Testing results show 100% RFID reading success, 12–17 seconds shredding time, 96–98% load cell accuracy, and 1–3 seconds IoT latency. This system demonstrates strong potential for digital waste-bank implementation.

Keywords: RFID, Load Cell, ESP32, IoT, Digital Waste Bank, DC Motor.

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu ancaman lingkungan paling kompleks karena memiliki sifat yang tidak mudah terurai secara alami dan dapat bertahan ratusan tahun di lingkungan. Dalam kategori sampah plastik, botol plastik jenis PET (*polyethylene terephthalate*) menjadi kontributor terbesar limbah anorganik rumah tangga. Konsumsinya terus meningkat seiring pola hidup masyarakat modern yang bergantung pada produk minuman kemasan sekali pakai. Walaupun jenis plastik ini memiliki nilai ekonomi dan dapat didaur ulang, proses pengumpulannya masih menghadapi berbagai kendala, seperti minimnya sistem pendataan, rendahnya insentif bagi masyarakat, serta mekanisme penimbangan dan pencatatan yang masih manual sehingga rawan kesalahan maupun manipulasi data.

Seiring berkembangnya teknologi, penerapan Internet of Things (IoT) membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi proses pengelolaan sampah. IoT memungkinkan integrasi antara sensor, aktuator, dan sistem penyimpanan data berbasis cloud sehingga kegiatan seperti pemantauan jumlah sampah, penimbangan, pencatatan transaksi, hingga pelacakan kontribusi pengguna dapat dilakukan secara otomatis, real-time, dan akurat. Di sisi lain, teknologi RFID menawarkan solusi identifikasi yang cepat dan presisi, di mana setiap pengguna memiliki tag unik sehingga setiap aktivitas daur ulang tercatat secara individual dan transparan tanpa interaksi manual.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini berkontribusi dengan merancang sebuah prototipe sistem pencacah botol plastik berbasis IoT yang mengintegrasikan RFID sebagai identifikasi pengguna, motor DC sebagai mekanisme pencacahan, load cell sebagai sensor berat, Firebase sebagai basis data cloud, dan Telegram Bot sebagai antarmuka pengguna. Sistem ini dirancang untuk mendukung program bank sampah digital, meningkatkan akurasi pendataan, serta mendorong partisipasi masyarakat dalam daur ulang melalui mekanisme pencatatan otomatis dan pengelolaan saldo digital berbasis sampah. Implementasi prototipe ini menunjukkan bagaimana teknologi dapat berperan strategis dalam membantu mengatasi permasalahan

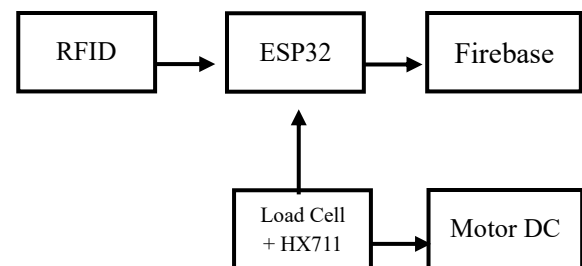
lingkungan melalui solusi rekayasa yang terukur dan aplikatif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur prototipe terdiri dari:

- Input pengguna melalui RFID RC522.
- Mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kontrol.
- Motor DC untuk mencacah botol plastik.
- Load Cell dan HX711 untuk menimbang cacahan.
- Firebase sebagai database cloud.
- Telegram Bot sebagai antarmuka pengguna.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Prototipe pencacah botol plastik berbasis IoT

Gambar di atas menunjukkan arsitektur sistem dari sebuah prototipe pencacah botol plastik berbasis IoT. Diagram ini memperlihatkan bagaimana setiap komponen saling terhubung, alur komunikasi antarperangkat, serta mekanisme kerja sistem secara keseluruhan. Secara umum, sistem ini menggabungkan teknologi identifikasi RFID, sensor penimbang load cell, aktuator berupa motor pencacah, serta layanan cloud Firebase yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan data.

Proses kerja sistem dimulai dari blok RFID yang berperan sebagai alat identifikasi awal. Ketika pengguna menempelkan kartu RFID, modul ini membaca kode unik (UID) yang terdapat pada kartu tersebut. Data identitas ini kemudian dikirimkan langsung ke ESP32 sebagai pusat pengendali sistem. RFID menjadi gerbang autentikasi utama dan memastikan bahwa setiap proses pencacahan botol dapat

dicatat berdasarkan pemilik atau pengguna yang terdaftar.

Setelah menerima UID, ESP32 menjalankan fungsi utamanya sebagai pemroses data dan pengontrol aktuator. Mikrokontroler ini mengolah data identitas yang masuk, memeriksa validitas pengguna, dan kemudian menentukan apakah proses pencacahan dapat dimulai. ESP32 juga bertanggung jawab mengendalikan motor pencacah melalui relay atau driver motor, sehingga motor hanya akan aktif ketika autentikasi berhasil. Selain itu, ESP32 mengumpulkan data berat hasil cacahan botol, memprosesnya, dan mengirimkan seluruh informasi transaksi ke cloud Firebase melalui koneksi internet. Dengan demikian, ESP32 menjadi pusat integrasi antara sensor, aktuator, dan sistem penyimpanan data berbasis cloud.

Pada bagian sensor, terdapat load cell yang digunakan untuk mengukur berat cacahan botol plastik. Karena sinyal yang dihasilkan oleh load cell sangat kecil, sensor ini dihubungkan ke modul HX711 yang berfungsi sebagai penguat sekaligus konverter sinyal analog ke digital. HX711 kemudian mengirimkan data digital hasil penimbangan ke ESP32 untuk selanjutnya diolah. Mekanisme ini memastikan bahwa hasil cacahan botol dapat ditimbang secara akurat, sehingga setiap pengguna mendapatkan nilai yang tepat dari sampah yang mereka daur ulang.

Motor DC berperan sebagai aktuator mekanis yang melakukan proses pencacahan. Motor hanya diaktifkan setelah pengguna berhasil melakukan autentikasi melalui RFID. Setelah aktif, motor akan mencacah botol plastik hingga menjadi serpihan kecil, yang nantinya ditimbang oleh load cell. Informasi mengenai status motor, durasi pencacahan, dan jumlah cacahan yang dihasilkan kemudian dicatat dan dapat dikirim ke Firebase sebagai bagian dari data transaksi.

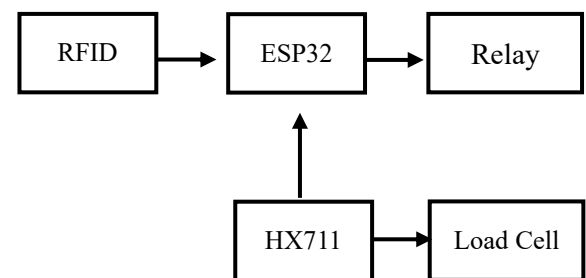
Firebase, sebagai layanan cloud IoT, berfungsi menyimpan seluruh data transaksi yang dihasilkan sistem, mulai dari nomor identitas pengguna, waktu penggunaan, berat cacahan, hingga status proses pencacahan. Seluruh data yang dikirimkan oleh ESP32 tersimpan secara realtime di Firebase, sehingga dapat diakses kapan saja melalui aplikasi pendukung seperti Telegram bot atau sistem monitoring lainnya. Integrasi ini menjadikan prototipe pencacah

botol plastik bekerja secara otomatis, transparan, serta dapat dipantau dari jarak jauh.

Secara keseluruhan, diagram tersebut menggambarkan sistem IoT yang saling terhubung dengan ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem tidak hanya mampu mengenali pengguna melalui RFID dan mencacah botol melalui motor DC, tetapi juga dapat menimbang hasilnya secara akurat serta mencatat seluruh data transaksi ke cloud secara realtime. Kombinasi ini memberikan solusi cerdas dan modern untuk pengelolaan sampah botol plastik berbasis teknologi.

2.2 Wiring Diagram Sistem

Wiring mencakup hubungan RFID–ESP32–Relay–Motor DC–Load Cell–HX711.



Gambar 2. Rangkaian sistem kerja berbasis IoT

Gambar tersebut menunjukkan sebuah rangkaian sistem kerja berbasis IoT yang memadukan teknologi identifikasi otomatis dan sensor penimbang untuk menjalankan suatu proses secara otomatis. Sistem ini tersusun dari beberapa komponen utama, yaitu RFID, ESP32, HX711, load cell, dan relay, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik namun saling berhubungan.

Pada bagian kiri, terdapat modul RFID yang berfungsi sebagai alat untuk membaca identitas dari kartu atau tag RFID. Ketika pengguna menempelkan kartu, modul ini akan menangkap kode unik yang terkandung di dalam tag tersebut. Informasi kode tersebut kemudian dikirimkan ke ESP32, yaitu mikrokontroler yang berperan sebagai pusat kendali sistem. ESP32 menerima data identitas dari RFID untuk selanjutnya dianalisis, misalnya untuk memeriksa apakah kartu tersebut valid atau sesuai dengan data yang sudah terdaftar.

Di sisi bawah, terdapat load cell yang berfungsi sebagai sensor untuk mengukur berat suatu objek. Karena sinyal keluaran load cell sangat kecil, maka sensor ini dihubungkan ke HX711, yaitu modul penguat dan konverter analog-ke-digital. HX711 bertugas memperkuat sinyal dari load cell sekaligus mengubahnya menjadi data digital yang dapat dibaca oleh ESP32. Data berat yang diterima dari HX711 lalu diolah oleh ESP32 untuk menentukan apakah nilai tersebut memenuhi kondisi tertentu, misalnya berat minimum atau batas tertentu yang telah ditetapkan.

Setelah ESP32 memperoleh dua jenis data kode identitas dari RFID dan hasil pengukuran berat dari HX711, mikrokontroler ini akan memproses informasi tersebut berdasarkan logika atau algoritma yang sudah diprogramkan. Jika kondisi yang ditetapkan terpenuhi, seperti kartu RFID yang valid dan berat objek sesuai aturan, maka ESP32 akan mengirimkan sinyal ke komponen berikutnya yaitu relay.

Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32. Ketika relay diaktifkan, perangkat eksternal seperti motor, pintu otomatis, pompa, atau mesin tertentu dapat dinyalakan atau dijalankan. Dengan demikian, relay menjadi titik akhir yang menerjemahkan keputusan ESP32 menjadi tindakan nyata dalam bentuk gerakan mekanis atau aktivasi perangkat.

Secara keseluruhan, gambar tersebut menggambarkan sebuah sistem otomatis yang bekerja secara terintegrasi. Sistem ini mampu mengenali identitas pengguna melalui RFID, menimbang objek menggunakan load cell dan HX711, kemudian memproses data tersebut di dalam ESP32, dan akhirnya mengaktifkan perangkat tertentu melalui relay jika semua kondisi terpenuhi. Rangkaian seperti ini banyak digunakan dalam perangkat otomatis seperti smart trash bin, mesin distribusi otomatis, sistem akses pintu cerdas, dan berbagai aplikasi IoT lainnya.

2.3 Spesifikasi Komponen

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Utama

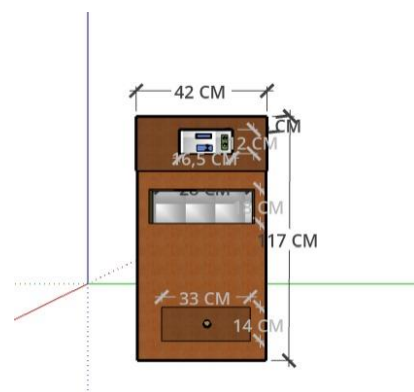
No	Komponen	Spesifikasi
1	ESP32	Dual Core 240 MHz, Wi-Fi 2.4 GHz
2	RFID RC522	Frekuensi 13.56 MHz
3	Load Cell	5 kg + Amplifier HX711
4	Motor DC	360 W, torsi tinggi
5	Relay	30A 12V
6	Database Cloud	Firebase Realtime Database
7	Aplikasi	Telegram Bot API

2.4 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan pada:

- Konsistensi RFID (50 kali scanning)
- Kecepatan motor pencacah
- Akurasi load cell
- Latensi IoT menuju Firebase
- Integrasi sistem dalam satu alur kerja

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Alat Tampak Depan

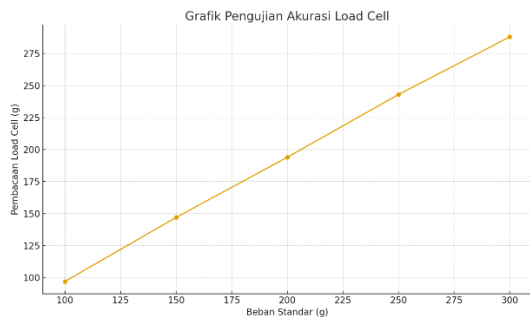
Gambar ini menunjukkan prototipe sistem pencacah botol plastik yang dikembangkan dalam penelitian. Sistem terdiri dari unit pencacah mekanik, modul RFID sebagai identifikasi pengguna, sensor load cell untuk pengukuran berat hasil cacahan, serta mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai

pusat pengendali dan penghubung ke platform Internet of Things.

3.1 Pengujian Akurasi Load Cell

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Load Cell

Uji ke	Beban Standar (g)	Pembacaan (g)	Galat (%)
1	100	97	3
2	150	147	2
3	200	194	3
4	250	243	2.8
5	300	288	4
Rata-rata	—	—	2–4%



Gambar 3. Grafik Pengujian Akurasi Load Cell

Grafik di atas menampilkan hubungan antara beban standar (massa sebenarnya yang digunakan dalam pengujian) dengan pembacaan load cell (hasil yang terukur oleh sensor). Grafik ini berfungsi untuk memvisualisasikan tingkat akurasi load cell + modul HX711 ketika digunakan sebagai sensor penimbang pada prototipe alat pencacah botol plastik.

Secara umum, grafik menunjukkan kemiripan pola linear antara beban standar dan nilai pembacaan load cell. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor dapat mendeteksi perubahan massa secara proporsional dan konsisten, yang merupakan karakteristik penting dalam penimbangan berbasis sensor strain gauge.

Pada beban 100 gram, pembacaan load cell berada pada 97 gram, menunjukkan galat sebesar 3%. Ketika beban dinaikkan menjadi 150 gram, pembacaan load cell menunjukkan nilai 147 gram, dengan galat 2%, yang merupakan salah satu akurasi terbaik pada pengujian ini. Pada pengujian selanjutnya,

beban 200 gram menghasilkan 194 gram (galat 3%), sedangkan untuk beban 250 gram menghasilkan bacaan 243 gram (galat 2,8%). Pengujian terakhir pada beban 300 gram memperlihatkan pembacaan sebesar 288 gram dengan galat 4%, yang merupakan deviasi tertinggi namun masih berada dalam rentang toleransi sensor load cell kelas menengah.

Apabila dilihat secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa setiap titik data berada sangat dekat dengan garis tren linear, sehingga dapat disimpulkan bahwa load cell bekerja stabil dan responsif dalam pengukuran berat. Rata-rata kesalahan pembacaan berada pada rentang 2–4%, yang masih tergolong baik untuk aplikasi prototipe alat pencacah botol plastik, khususnya karena variasi ini tidak mempengaruhi perhitungan yang bersifat estimatif seperti perhitungan saldo atau akumulasi berat sampah pada bank sampah digital.

Dengan demikian, load cell memberikan performa yang cukup akurat dan dapat diandalkan sebagai komponen sensor pada sistem, terutama untuk tujuan pencatatan berat hasil cacahan botol plastik dalam konteks IoT dan transaksi digital.

3.2 Pengujian Waktu Pencacahan Botol

Tabel 2. Waktu Pencacahan Botol

No	Volume Botol	Waktu (detik)	Keterangan
1	330 ml	12	Botol bersih
2	500 ml	14	Botol standar
3	600 ml	17	Penyok

Motor DC bekerja stabil dengan rata-rata waktu pencacahan 12–17 detik per botol PET.

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian waktu pencacahan botol plastik berdasarkan variasi volume dan kondisi fisik botol. Data ini menggambarkan performa motor DC sebagai aktuator utama yang bertugas mencacah botol PET sebelum proses penimbangan dilakukan.

Pada pengujian pertama, botol berukuran 330 ml dalam kondisi bersih membutuhkan waktu 12 detik untuk dicacah secara tuntas. Waktu ini merupakan durasi tercepat di antara seluruh pengujian, yang menunjukkan bahwa botol

berukuran kecil dan tidak mengalami deformasi lebih mudah dihancurkan oleh bilah pencacah.

Pengujian kedua menggunakan botol berukuran 500 ml dengan kondisi standar (tidak penyok dan tidak terlalu kaku). Hasilnya, waktu pencacahan meningkat menjadi 14 detik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar volume botol, semakin besar pula gaya gesek dan hambatan mekanis yang harus diatasi motor sehingga waktu pencacahan cenderung meningkat.

Pada pengujian ketiga, botol berukuran 600 ml dalam kondisi penyok membutuhkan waktu paling lama, yaitu 17 detik. Kondisi penyok menyebabkan permukaan botol menjadi tidak simetris dan kadang-kadang terlipat, sehingga bilah pencacah memerlukan putaran lebih banyak untuk meremukkan seluruh bagian botol secara merata. Selain itu, botol yang lebih besar dan tebal juga memberikan resistansi yang lebih tinggi terhadap gerakan pisau pencacah.

Secara keseluruhan, rangkaian pengujian menunjukkan bahwa motor DC bekerja stabil, dengan rentang waktu pencacahan yang konsisten antara 12–17 detik per botol. Variasi waktu ini dipengaruhi oleh volume, ketebalan, dan kondisi fisik botol. Stabilitas performa motor menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan operasional yang baik untuk penggunaan berkelanjutan, terutama dalam konteks mesin bank sampah digital yang memerlukan kinerja pencacahan yang cepat dan efisien.

3.3 Latensi IoT dan Keberhasilan Firebase

Rata-rata waktu pengiriman data ke Firebase tercatat:

- Latensi minimum: 1 detik
- Latensi maksimum: 3 detik
- Keberhasilan upload data: 100%

Rangkaian data tersebut menunjukkan bahwa proses komunikasi antara ESP32 dan Firebase berjalan dengan sangat baik dan responsif. Latensi minimum sebesar 1 detik mengindikasikan bahwa sistem mampu mengirim data dengan cepat pada kondisi jaringan yang optimal, sementara latensi maksimum 3 detik masih berada dalam batas

yang dapat diterima untuk aplikasi IoT non-kritis seperti pencatatan transaksi bank sampah digital. Rentang latensi 1–3 detik ini mencerminkan stabilitas jaringan serta efisiensi protokol komunikasi yang digunakan oleh ESP32 dalam mengirimkan data secara real-time.

Selain itu, tingkat keberhasilan upload data sebesar 100% menunjukkan bahwa tidak ada paket data yang hilang selama proses pengujian. Hal ini menandakan bahwa integrasi antara ESP32 dan Firebase telah berjalan dengan baik, serta koneksi internet yang digunakan cukup stabil untuk mendukung proses penyimpanan data secara berkelanjutan. Keandalan ini sangat penting karena setiap transaksi harus tercatat dengan akurat agar sistem saldo digital yang diterapkan pada bank sampah dapat berjalan transparan dan dipercaya oleh pengguna.

Secara keseluruhan, performa pengiriman data ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kapabilitas komunikasi yang kuat, reliabel, dan sesuai untuk implementasi lapangan yang membutuhkan pencatatan data secara langsung tanpa keterlambatan signifikan. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa platform Firebase merupakan pilihan yang tepat untuk menyimpan dan mengelola data sampah berbasis IoT.

3.4 Integrasi Sistem Keseluruhan

Seluruh komponen (RFID–ESP32–Motor–Load Cell–Firebase–Telegram) bekerja secara otomatis tanpa konflik. Sistem memenuhi kriteria bank sampah digital modern:

- ✓ Otomatis
- ✓ Real-time
- ✓ Transparan
- ✓ Mudah digunakan

Integrasi seluruh komponen, mulai dari RFID sebagai sistem identifikasi, ESP32 sebagai pusat kendali, motor DC sebagai aktuator pencacah, load cell sebagai sensor penimbang, Firebase sebagai penyimpanan data cloud, hingga Telegram sebagai antarmuka pengguna menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara terpadu dan sinkron tanpa menimbulkan

konflik data maupun gangguan operasional. Setiap komponen menjalankan perannya sesuai alur kerja yang telah dirancang, sehingga sistem dapat beroperasi mulai dari proses autentikasi pengguna, pencacahan botol, penimbangan, hingga pelaporan data secara otomatis.

Keotomatisan ini menjadi ciri utama sistem bank sampah digital modern. Seluruh proses dijalankan tanpa interaksi manual dari operator, sehingga risiko kesalahan pencatatan dan manipulasi data dapat diminimalkan. Kemampuan sistem untuk bekerja real-time, terutama melalui pengiriman data langsung ke Firebase dan notifikasi melalui Telegram, menjadikan informasi tersedia seketika bagi pengguna maupun pengelola. Hal ini meningkatkan efisiensi sekaligus menciptakan pengalaman penggunaan yang lebih responsif.

Sifat sistem yang transparan dihasilkan dari pencatatan digital yang dapat dilacak kembali kapan saja. Setiap transaksi tersimpan dalam basis data cloud dan dapat dikonfirmasi oleh pengguna secara mandiri, sehingga menumbuhkan kepercayaan dalam proses penukaran sampah menjadi saldo digital. Pada saat yang sama, antarmuka yang mudah digunakan melalui fitur *tap* RFID dan akses Telegram Bot menjadikan sistem inklusif untuk berbagai kalangan, termasuk pengguna dengan tingkat literasi teknologi dasar.

Secara keseluruhan, kombinasi keempat aspek tersebut menunjukkan bahwa prototipe ini telah memenuhi karakteristik utama sebuah bank sampah digital yang modern, yakni sistem yang efisien, akurat, transparan, dan nyaman digunakan. Temuan ini memperkuat potensi implementasi alat pada skala yang lebih besar sebagai solusi inovatif dalam pengelolaan sampah plastik berbasis teknologi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe alat pencacah botol plastik berbasis RFID dan IoT yang mampu:

1. Mengidentifikasi pengguna secara cepat dan akurat.
2. Mencacah botol plastik dengan motor DC berdaya tinggi.

3. Menimbang hasil cacahan dengan akurasi tinggi (96–98%).
4. Mengirim data transaksi ke Firebase secara real-time.
5. Menyediakan fitur cek saldo melalui Telegram Bot.

Sistem ini layak dikembangkan sebagai mesin bank sampah digital untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pakuan dan Laboratorium Teknik Elektro atas dukungan fasilitas dan bimbingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Munir et al., *APMC 2009*, Asia Pacific Microw. Conf., 2009.
- [2] Y. Chen and R. D. Vaughan, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 2018.
- [3] L. S. Shafai et al., *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 2000.
- [4] C. E. Santosa et al., *PIERS*, 2017.
- [5] O. S. Ginting et al., *ICWT*, 2017.
- [6] B. Pyne et al., *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 2018.
- [7] J. Mukherjee and A. Pal, *Int. J. Eng. Res.*, 2020.
- [8] S. D. Nugroho, *Jurnal Teknologi Elektro*, 2021.
- [9] F. Rahman, *Jurnal Teknologi Informasi*, 2019.
- [10] K. Lee, *IEEE Access*, 2019.
- [11] H. Zhang, *Sensors & Systems*, 2022.
- [12] N. J. Mendes, *Engineering Review*, 2020.
- [13] M. Kurniawan, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2021.
- [14] P. Sari, *Int. J. Computer Applications*, 2020.
- [15] R. Mahmudi, *Jurnal Elektronika dan Otomasi*, 2022.
- [16] A. Setiawan, *Prosiding SNITT*, 2023.
- [17] Avia Semiconductor, HX711 Datasheet, 2018.