

RANCANG BANGUN SMART TRASH IOT BERBASIS RFID DENGAN NOTIFIKASI PENUH MELALUI APLIKSI MIT APP INVENTOR

Nabillah Kontesa, Dahlan

Teknik Komputer, Politeknik TEDC Bandung

Jl. Pesantren KM.2, Cimahi, Jawa Barat.

nabillahkontesa376@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan sampah anorganik bernilai ekonomis di lingkungan kos-kosan RT 01 RW 16 Kelurahan Cibabat, Kecamatan Cimahi Utara berdasarkan hasil observasi masih belum optimal karena sampah masih tercampur dengan sampah organik dan residu sehingga menurunkan nilai ekonomisnya. Selain itu, proses pengumpulan sampah belum terjadwal dengan baik dan masih bergantung pada inisiatif pengguna sehingga pengelolaan menjadi kurang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Rancang Bangun *Smart Trash* IoT Berbasis RFID dengan notifikasi penuh melalui aplikasi MIT App Inventor yang mampu memantau kondisi tempat sampah secara otomatis. Metode yang digunakan adalah *User Centered Design* (UCD) dengan komponen NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, RFID, buzzer, dan servo motor, serta integrasi Firebase sebagai basis data dan komunikasi aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil mendeteksi kondisi tempat sampah (penuh dan tidak penuh), mengirimkan notifikasi secara *real-time* ke aplikasi, serta menyimpan data penimbangan ke Firebase. Sistem juga mampu mengontrol akses tempat sampah menggunakan RFID dan servo motor dengan baik, namun masih bergantung pada kestabilan koneksi internet.

Kata Kunci : *Smart Trash, Internet of Things (IoT), NodeMCU ESP8266*

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah merupakan permasalahan lingkungan yang masih menjadi perhatian pemerintah, baik di tingkat nasional maupun daerah. Di Indonesia, pengelolaan sampah diatur dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 yang menegaskan bahwa pengelolaan harus dilakukan secara sistematis, terpadu, dan berkelanjutan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, serta dilaksanakan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH)[1]. Pengelolaan sampah juga diterapkan pada tingkat lokal, termasuk di lingkungan RT, sebagai bagian dari upaya pengurangan dan penanganan sampah di masyarakat. Namun, pengelolaan sampah anorganik bernilai ekonomis di lingkungan kos-kosan masih belum optimal.

Di RT 01 RW 16 Kelurahan Cibabat Kecamatan Cimahi Utara, sampah masih belum dipilah dan tercampur antara organik, anorganik, dan residu sehingga mudah kotor, lembap, berbau, serta menurunkan nilai ekonomisnya. Proses pengumpulan masih bergantung pada inisiatif warga melalui WhatsApp atau pengantaran langsung ke Bank Sampah Unit (BSU), tanpa jadwal yang jelas dan sistem yang teratur, sehingga kurang efisien. Selain itu, jumlah sampah anorganik yang diterima oleh BSU bersifat *unlimited* karena bergantung pada jumlah warga yang menyetorkan sampah.

Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem yang lebih efektif melalui teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem *Smart Trash* yang dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, dan RFID terhubung ke Firebase untuk memantau

tingkat kepenuhan, mengatur akses pengguna, serta mengelola data secara otomatis. Saat tong penuh, akses RFID dinonaktifkan hingga dikosongkan oleh petugas. Buzzer digunakan sebagai indikator, dan tersedia manual *override* untuk pengosongan tong sampah oleh petugas.

Berdasarkan hal tersebut, penulis merancang 2 unit *Smart Trash* berbasis IoT dengan judul “Rancang Bangun *Smart Trash* IoT Berbasis RFID dengan Notifikasi Penuh Melalui Aplikasi MIT App Inventor”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Smart Trash

Smart Trash adalah tempat sampah pintar yang dilengkapi teknologi untuk mendeteksi dan mengelompokkan sampah menjadi organik dan anorganik serta dapat terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* (IoT)[2]. Penelitian ini difokuskan pada pengelolaan sampah anorganik yang memiliki nilai ekonomis, sehingga sistem dirancang untuk mendukung pemantauan dan pengumpulan jenis sampah tersebut.

2.2. Internet Of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang memungkinkan perangkat saling terhubung dan bertukar data secara otomatis melalui internet tanpa memerlukan kontrol langsung dari manusia. IoT mendukung pengendalian perangkat jarak jauh serta pertukaran data secara *real-time*. Penerapan IoT dapat ditemukan pada berbagai perangkat pintar yang mampu mengirim dan menerima data melalui jaringan internet untuk memudahkan aktivitas pengguna[3].

2.3. Notifikasi

Push notification merupakan mekanisme komunikasi digital yang memungkinkan sistem mengirimkan pesan secara otomatis dan *real-time* ke perangkat pengguna, seperti *smartphone*, untuk menyampaikan informasi penting dengan cepat. Fitur ini banyak digunakan pada berbagai aplikasi untuk pemberitahuan, pembaruan informasi, serta peringatan sistem[4].

Dalam penelitian ini, *push notification* digunakan sebagai notifikasi penuh yang dikirimkan kepada petugas Bank Sampah Unit (BSU). Notifikasi tersebut bertujuan agar kondisi yang terdeteksi oleh sistem dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti secara cepat dan tepat.

2.4. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan *platform open source* yang digunakan untuk pengembangan *Internet of Things* (IoT) yang berbasis modul ESP8266. Perangkat ini mendukung konektivitas internet serta menyediakan pin GPIO yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan *input* dan *output* pada sistem IoT[5].



Gambar 1. NodeMCUESP8266

2.5. RFID

Radio Frequency Identification (RFID) adalah teknologi yang digunakan untuk mengidentifikasi objek menggunakan gelombang radio. Sistem RFID terdiri dari dua komponen utama, yaitu tag sebagai penyimpan identitas unik dan reader sebagai pembaca data dari tag tersebut[6].



Gambar 2. RFID

2.6. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi jarak objek dengan memanfaatkan gelombang suara. Sensor HC-SR04 bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan menerima pantulannya untuk mengukur jarak objek. Dalam penelitian ini, sensor digunakan untuk mendeteksi

keberadaan pengguna serta mengukur ketinggian sampah pada tempat sampah[7].



Gambar 3. Sensor Ultrasonik HC-SR04

2.7. Servo Motor

Motor servo adalah aktuator yang digunakan untuk menggerakkan atau mengontrol posisi suatu objek dengan sudut tertentu. Motor servo umumnya terdiri dari motor DC yang dilengkapi sistem kontrol posisi sehingga dapat bergerak secara presisi sesuai perintah[8].



Gambar 4. Motor Servo

2.8. MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah *platform* pengembangan aplikasi berbasis Android yang menggunakan antarmuka pemrograman visual sehingga memudahkan pengguna dalam merancang dan membangun aplikasi tanpa penulisan kode yang kompleks[9].



Gambar 5. MIT App Inventor

2.9. Firebase

Firebase adalah *platform* dari Google yang digunakan untuk membantu pengembangan aplikasi dengan menyediakan layanan backend berbasis cloud. Firebase Realtime Database memungkinkan penyimpanan dan sinkronisasi data secara *real-time* menggunakan format JSON sehingga data dapat diakses secara langsung oleh pengguna yang terhubung[10]. Dalam penelitian ini, Firebase digunakan sebagai media penyimpanan dan pembaruan data secara *real-time* pada sistem *Smart Trash*.



Gambar 6. Firebase

2.10. Penelitian Terkait

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh banyak peneliti yang berkaitan dengan latar belakang masalah penelitian dan tugas akhir ini, seperti yang dijelaskan di bawah ini:

- Smart Trash* yang dirancang untuk dapat memisahkan dan menimbang sampah, kemudian mengubah hasilnya menjadi saldo tabungan berbasis RFID. Sistem ini juga terintegrasi dengan bank sampah sehingga dapat membantu pengelolaan sampah anorganik yang memiliki nilai ekonomis serta mempermudah proses pencatatan secara digital[11].
- Pengembangan tempat sampah pintar berbasis sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian sampah dan sensor proximity/infrared untuk memilah jenis sampah. Sistem ini juga dilengkapi dengan aplikasi Android yang memberikan notifikasi otomatis sehingga memungkinkan monitoring kondisi sampah secara *real-time* berbasis IoT[12].
- Smart Trash* berbasis IoT yang dapat memantau kondisi sampah dari jarak jauh secara *real-time*. Sistem ini juga dilengkapi fitur notifikasi otomatis melalui Telegram dan web, serta mekanisme penutup otomatis yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam pengelolaan sampah[13].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *User-Centered Design* (UCD) yang mencakup beberapa tahap, yaitu identifikasi pengguna, analisis kebutuhan, perancangan sistem, serta pengujian dan evaluasi. Metode ini digunakan untuk memastikan sistem *Smart Trash* IoT sesuai dengan kebutuhan pengguna, mulai dari pemantauan kondisi tong sampah, notifikasi otomatis, hingga fitur manual *override*. Dalam UCD terdapat empat tahapan yaitu *Specify the Context of Use*, *Specify User and Organizational Requirements*, *Produce Design Solutions*, dan *Evaluate Design* [14]

a. Specify the Context of Use

Tahap ini dilakukan dengan observasi kondisi pengelolaan sampah di lingkungan kos yang masih tercampur serta menimbulkan masalah seperti bau tidak sedap dan penumpukan sampah.

b. Specify User and Organizational Requirements

Tahap ini mengidentifikasi kebutuhan pengguna berupa monitoring kepenuhan tong sampah secara *real-time*, notifikasi otomatis kepada petugas, serta fitur manual *override* menggunakan push button.

c. Produce Design Solutions

Melakukan perancangan sistem *Smart Trash* IoT berbasis NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik, RFID, Firebase, dan aplikasi MIT App Inventor.

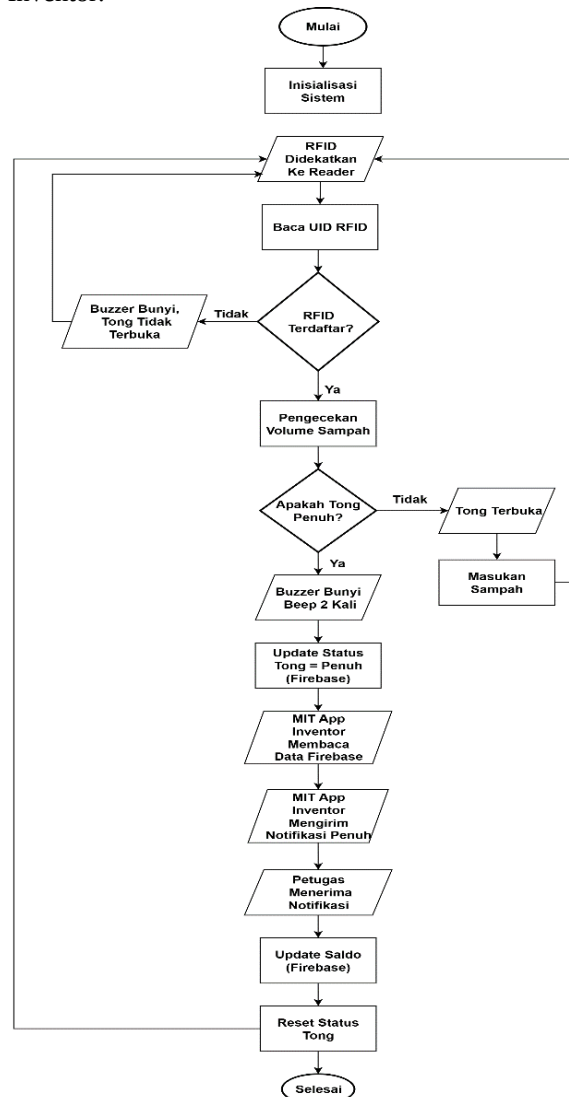
d. Evaluate Design

Melakukan pengujian sistem untuk memastikan sensor, RFID, notifikasi, dan seluruh komponen bekerja sesuai kebutuhan pengguna.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir atau *flowchart* dari Rancang bangun *Smart Trash* IoT berbasis RFID dengan notifikasi penuh melalui aplikasi MIT App Inventor.

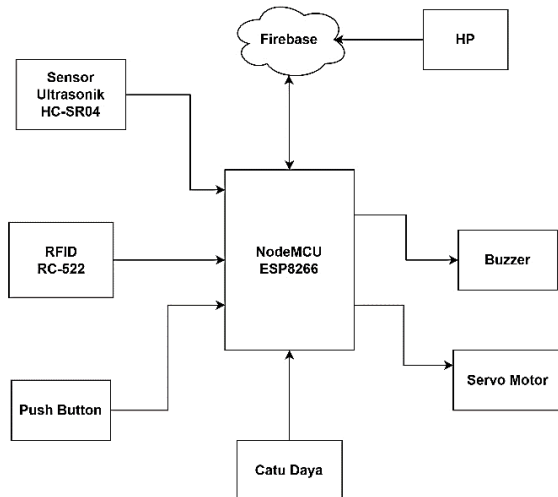


Gambar 7. Diagram Alir (Flowchart) sistem

Hal pertama yang dilakukan adalah pengguna melakukan *tapping* kartu RFID pada RFID reader, kemudian NodeMCU ESP8266 membaca UID kartu dan melakukan verifikasi ke database Firebase. UID yang tidak terdaftar akan ditolak dengan indikator buzzer satu kali dan tutup tong tidak terbuka. Apabila UID terdaftar, sistem melakukan pengecekan volume sampah menggunakan sensor ultrasonik. Jika tong belum penuh, servo motor akan membuka tutup tong sehingga sampah dapat dimasukkan. Namun, apabila tong terdeteksi penuh, akses RFID dinonaktifkan sementara, buzzer diaktifkan dua kali sebagai indikator penuh, dan status dikirim ke Firebase untuk ditampilkan pada aplikasi MIT App Inventor. Selanjutnya, petugas melakukan pengosongan tong melalui mekanisme manual *override* menggunakan

push button, kemudian sampah ditimbang untuk menentukan nilai saldo. Data hasil penimbangan diinput melalui aplikasi MIT App Inventor ke database Firebase. Setelah proses selesai, sistem kembali ke kondisi *standby*.

4.2. Blok Diagram



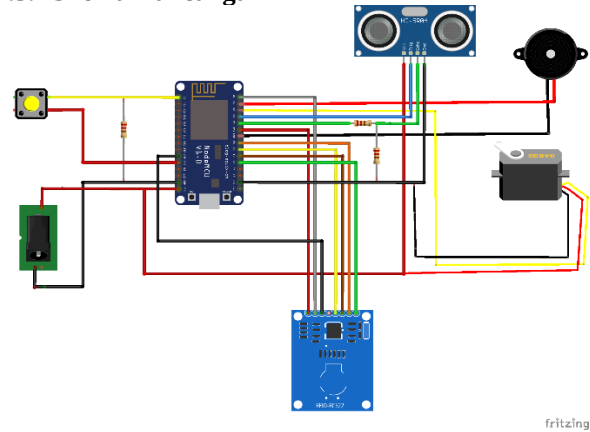
Gambar 8. Blok Diagram

Berikut adalah blok diagram rancang bangun *smart trash* IoT berbasis RFID dengan notifikasi penuh melalui aplikasi mit app inventor

Dari gambar 8 tersebut dapat dijelaskan bagian-bagian blok diagram adalah sebagai berikut:

- NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai pengontrol utama sistem.
- Sensor Ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai *input* untuk mengukur volume sampah di dalam tong secara *real-time*.
- RFID digunakan sebagai input untuk identifikasi penghuni sebelum tong sampah anorganik bernilai ekonomis dibuka.
- Servo motor digunakan sebagai *output* untuk membuka dan menutup penutup tempat sampah.
- Buzzer merupakan aktuator audio yang berfungsi sebagai indikator kondisi sistem, yaitu saat kartu RFID tidak terdaftar atau ketika tong sampah dalam keadaan penuh.
- Firebase digunakan sebagai database untuk menyimpan data pengguna, saldo, berat sampah, dan status kepenuhan tempat sampah yang diperbarui secara *real-time*.
- MIT App Inventor (*Smartphone*) digunakan untuk menampilkan data dan memberikan notifikasi kepada petugas BSU.
- Catu daya (Adaftor 5V 2A) digunakan sebagai sumber tegangan untuk menyalakan seluruh sistem.

4.3. Skema Rancangan



Gambar 9. Skema Rancangan

4.4. Tampilan Aplikasi

Pada perancangan ini menjelaskan mengenai perancangan tampilan perangkat lunak MIT App Inventor yang berfungsi untuk memantau notifikasi status penuh tong sampah serta melakukan pengelolaan penambahan saldo hasil penjualan sampah bagi penghuni pada rancang bangun smart trash IoT berbasis RFID dengan notifikasi penuh melalui aplikasi MIT App Inventor.



Gambar 10. Tampilan awal saat membuka aplikasi

4.5. Tampilan awal saat membuka aplikasi

Halaman Login berfungsi sebagai gerbang masuk aplikasi. petugas BSU diminta memasukkan *username* dan *password* yang terdaftar; jika data valid, sistem akan mengarahkan petugas BSU ke *Dashboard Monitoring*, sedangkan jika salah, akan muncul notifikasi kesalahan. Selain itu, tersedia tombol Keluar untuk menutup aplikasi. Secara fungsional, tampilan ini terdiri dari: 1) Judul halaman, 2) *Username* (input identitas), 3) *Password* (autentikasi), 4) Tombol Login, dan 5) Tombol Keluar.

4.6. Tampilan Dashboard (Monitoring dan Notifikasi sistem).

Halaman *Dashboard Monitoring* yang berfungsi sebagai pusat pemantauan kondisi tong sampah secara *real-time*. Halaman ini menampilkan informasi berupa ID tong, nama penghuni, lokasi, status tong, dan waktu pembaruan terakhir yang terintegrasi dengan basis data. Selain sebagai media pemantauan, dashboard juga menyediakan fitur untuk memperbarui data, mengatur ulang status tong, serta mengakses pengelolaan saldo penghuni.



Gambar 11. Tampilan Dashboard Monitoring Dan Notifikasi Penuh

4.7. Tampilan ScreenSaldo Pada Aplikasi



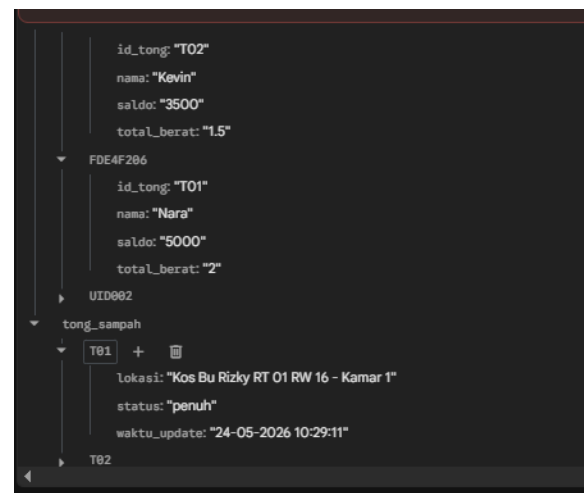
Gambar 12. Tampilan Screensaldo Pada Aplikasi

Halaman *ScreenSaldo* berfungsi sebagai sarana bagi Admin BSU untuk mengelola data keuangan Penghuni berdasarkan hasil penimbangan sampah. Halaman ini menyediakan kolom *input* untuk UID

RFID, total_berat sampah, serta total saldo sebagai dasar pembaruan data di dalam sistem. Melalui fitur *Cek Saldo* dan *Update Saldo*, Admin BSU dapat memverifikasi serta memperbarui data saldo Penghuni yang tersimpan di basis data secara akurat. Selain itu, tersedia tombol *Kembali* untuk mempermudah navigasi Admin BSU menuju halaman *Dashboard Monitoring*.

4.8. Tampilan Database

Berikut ini adalah struktur basis data sistem yang mencakup data penghuni, yaitu: UID, id_tong, nama, saldo, dan total berat, serta data tong sampah yaitu: id_tong, lokasi, status, dan waktu_update yang telah di buat.



Gambar 13. Tampilan Database

4.9. Tampilan Alat

Berikut ini adalah tampilan dari Rancang Bangun Smart Trash IoT Berbasis RFID Dengan Notifikasi Penuh Melalui Aplikasi MIT App Inventor.

a. Tampilan sisi dalam



Gambar 14. Tampilan sisi dalam

Pada tampilan ini diperlihatkan bagian dalam box kontrol saat dibuka. Di dalamnya terdapat *NodeMCU ESP8266* sebagai pengendali utama sistem, serta berbagai komponen pendukung yang saling terhubung untuk menjalankan fungsi *Smart Trash* berbasis *Internet of Things (IoT)*.

b. Tampilan sisi Luar



Gambar 15. Tampilan sisi luar

Pada tampilan ini diperlihatkan *box* kontrol dalam kondisi tertutup. Penutup *box* berfungsi untuk melindungi komponen elektronik utama, seperti *NodeMCU ESP8266* dan rangkaian PCB di dalamnya, dari debu maupun faktor eksternal selama sistem *Smart Trash* beroperasi

4.10. Cara Kerja Alat

Sistem bekerja melalui proses identifikasi kartu menggunakan frekuensi radio. Saat kartu atau *tag* di-scan pada *RFID reader*, sistem akan menangkap sinyal *UID* dan melakukan verifikasi data ke *database* *Firestore*. Jika *UID* tidak terdaftar, buzzer akan berbunyi 1 kali sebagai indikator penolakan dan tutup tong tetap terkunci. Namun, apabila *UID* terdaftar, sistem akan melanjutkan pengecekan volume sampah melalui sensor ultrasonik. Jika kondisi tong belum penuh, sistem akan menginstruksikan motor servo untuk membuka tutup tong. Sebaliknya, jika tong terdeteksi penuh, akses *RFID* akan dinonaktifkan, buzzer berbunyi 2 kali sebagai indikator penuh, dan notifikasi dikirimkan ke aplikasi *MIT App Inventor* milik petugas. Proses pengosongan sampah dilakukan oleh petugas melalui mekanisme *manual override* (*push button*), sebelum akhirnya sistem melakukan *reset* dan kembali ke kondisi *standby*.

4.11. Pengujian

Pengujian sistem meliputi koneksi aplikasi, kestabilan *database* *Firestore*, serta performa perangkat keras. Selain itu, dilakukan pengujian fungsionalitas

untuk memastikan alat bekerja dengan akurat, baik pada kondisi kartu terdaftar maupun tidak terdaftar.

Tabel 1. Hasil uji koneksi

No	Tipe Pengujian	Hasil Uji
1	Memverifikasi <i>UID</i> kartu dan mengirimkan status tong,serta waktu_update ke <i>database</i> <i>Firestore</i> .	Berhasil
2	Membaca data status volume sampah dari <i>database</i> <i>Firestore</i> melalui <i>MIT App Inventor</i> .	Berhasil
3	Menerima notifikasi penuh, melakukan input saldo ke <i>database</i> <i>Firestore</i> , serta menjalankan perintah <i>reset</i> melalui <i>MIT App Inventor</i> .	Berhasil

Tabel 2. Hasil uji alat menggunakan kartu tidak terdaftar

No	Tipe Pengujian	Hasil Uji
1	<i>RFID RC522</i> dapat membaca <i>RFID card</i> yang ditempelkan	Berhasil
2	<i>Buzzer</i> berbunyi 1 kali ketika <i>RFID</i> yang di <i>tapping</i> tidak terdaftar.	Berhasil
3	Servo tidak membuka tutup tong ketika <i>RFID</i> yang di <i>tapping</i> tidak terdaftar.	Berhasil

Tabel 3. Hasil uji alat menggunakan kartu terdaftar dan tong tidak penuh

No	Tipe Pengujian	Hasil Uji
1	<i>RFID RC522</i> dapat membaca <i>RFID card</i> yang ditempelkan	Berhasil
2	Sensor ultrasonik mengukur volume sampah.	Berhasil
3	Servo membuka tutup tong ketika <i>RFID</i> yang di <i>tapping</i> terdaftar dan tong tidak penuh.	Berhasil

Tabel 4. Hasil uji alat menggunakan kartu terdaftar dan tong penuh

No	Tipe Pengujian	Hasil Uji
1	<i>RFID RC522</i> dapat membaca <i>RFID card</i> yang ditempelkan	Berhasil
2	Sensor ultrasonik mengukur volume sampah.	Berhasil
3	Servo tidak membuka tutup tong ketika <i>RFID</i> yang di <i>tapping</i> terdaftar dan tong penuh.	Berhasil
4	<i>Buzzer</i> berbunyi 2 kali ketika <i>RFID</i> yang di <i>tapping</i> terdaftar dan tong penuh.	Berhasil
5	<i>Manual override</i> dengan <i>push button</i> , setelah <i>RFID</i> dinonaktifkan, tombol ditekan untuk membuka/ menutup tong sampah	Berhasil

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun *Smart Trash* berbasis *IoT* dengan notifikasi penuh melalui aplikasi *MIT App Inventor* " ini bertujuan

untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Trash* berbasis *Internet of Things* (IoT) guna memantau kondisi volume sampah secara otomatis serta memberikan notifikasi kepada petugas. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengontrol utama yang mengintegrasikan sensor ultrasonik untuk mengukur volume sampah, modul RFID RC522 untuk verifikasi akses penghuni, serta Firebase Realtime Database dan MIT App Inventor untuk pengelolaan data secara *real-time*.

Dari hasil pengujian, sistem *Smart Trash* menunjukkan kinerja yang sesuai dengan perancangan. Sistem mampu memantau kondisi sampah secara *real-time* dan memberikan notifikasi penuh kepada petugas melalui aplikasi MIT App Inventor. Sensor ultrasonik dapat mengukur volume sampah untuk menentukan kondisi penuh atau tidak penuh, modul RFID berhasil melakukan verifikasi akses penghuni, serta NodeMCU ESP8266 dapat mengirimkan dan menyimpan data ke Firebase Realtime Database yang kemudian ditampilkan pada aplikasi. Fitur pushbutton sebagai manual override dan buzzer sebagai indikator sistem juga berfungsi dengan baik. Namun, sistem masih memiliki keterbatasan pada ketergantungan koneksi internet yang dapat mempengaruhi kecepatan pembaruan data.

Secara keseluruhan, sistem ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi pemantauan tempat sampah dan pengelolaan informasi secara *real-time*. Penulis juga merekomendasikan pengembangan lebih lanjut agar sistem dikhususkan untuk pengelolaan sampah anorganik berupa botol plastik, kemasan plastik, kardus, dan kertas serta dilengkapi sensor pemilahan otomatis untuk mencegah masuknya sampah yang tidak sesuai, seperti baterai, lampu, kaca, dan sampah organik ke dalam *Smart Trash*. Pengembangan selanjutnya juga dapat mencakup peningkatan kestabilan koneksi internet, penambahan fitur tarik saldo dan riwayat transaksi, serta peningkatan tampilan aplikasi MIT App Inventor agar lebih sederhana dan mudah digunakan oleh petugas BSU.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Republik Indonesia, “Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah,” 2008. [Online]. Available: https://peraturan.bpk.go.id/Details/39067/uu-no-18-tahun-2008?utm_source=chatgpt.com
- [2] F. N. Jaya, T. Ardiansya, Adriani, and Ridwang, “Perancangan Smart Trash Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Berbasis Iot (Internet of Things),” *Arus J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 310–319, 2024.
- [3] Mambang, *Buku Ajar Teknologi Komunikasi Internet (Internet of Things)*. CV. Pena Persada, 2021.
- [4] Lestari, D. Winarti, and Asril, “Sistem Monitoring Dan Deteksi Kebocoran Gas Lpg Berbasis Iot Dengan Notifikasi Real-Time,” *J. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 3, pp. 1072–1080, 2025, doi: 10.58794/jekin.v5i3.1644.
- [5] A. Hanif and R. Amri, “Implementasi Internet Of Things Pada Protokol MQTT Dan HTTP Dalam Sistem Pendeteksi Banjir,” *J. INOVTEK POLBENG - SERI Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 489–501, 2023.
- [6] F. Ramadhan and Nurkomariah, “Purwarupa Sistem Notifikasi Keamanan Rumah Menggunakan RFID dan Sensor PIR Berbasis Node MCU,” *J. Inform. Komputasi*, vol. 16, no. 2, pp. 85–95, 2022.
- [7] J. P. Perdana and T. Wellem, “Perancangan Dan Implementasi Sistem Kontrol Untuk Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Arduino Dan Sensor Ultrasonik,” *IT-EXPLORE J. Penerapan Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 2, no. 2, pp. 104–117, 2023.
- [8] F. P. Rachman and H. Santoso, “Sistem Kontrol Suhu Dan Pakan Otomatis Dalam Aquarium Aquascape Menggunakan Nodemcu ESP8266,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 9, no. 1, pp. 352–364, 2022.
- [9] M. B. Ulum and F. Badri, “Sistem Monitoring Cuaca Dan Peringatan Banjir Berbasis IoT Dengan Menggunakan Aplikasi MIT App Inventor,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, pp. 319–328, 2023.
- [10] M. W. Prayoga and B. G. K. Yudistira, “Sistem Monitoring Dan Pengelolaan Sampah Berbasis IoT Dan Cloud Menggunakan Google Firebase Pada Tempat Sampah Pintar,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, pp. 1133–1141, 2023.
- [11] T. B. Santoso and D. Irmanto, “Rancang Bangun Pengelolaan Smart Trash Pada Bank Sampah Seni Baru Berbasis Internet Of Things,” *J. Ilm. Fak. Tek. LIMIT’S*, vol. 18, no. 1, pp. 49–57, 2022.
- [12] M. H. Ibnu Hajar and S. Jupri, “Sistem Perancangan Tempat Sampah Logam dan Non Logam dengan menggunakan Aplikasi M.I.T Inventor,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 35–39, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.007.
- [13] L. R. Jaelani, L. D. Samsumar, Zaenudin, and M. Efendi, “Rancang Bangun Smart Trash Berbasis IoT (Internet Of Things) Menggunakan Metode Prototiyng Model Di Desa,” *J. Comput. Sci. Inf. Technol. (JCSIT)*, vol. 1, no. 4, pp. 245–257, 2024.
- [14] A. H. Luthfi and I. Arfiani, “Perancangan UI/UX Aplikasi Sampahocity Menggunakan Pendekatan UCD (User Centered Design),” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 24–36, 2024.