

IoT-Based Waste Bank Application for Monitoring and Managing Plastic Bottles (Case Study: Rancasari Waste Bank)

Dayanni Vera Versanika¹, Riska Zafira Nurul Aida², Khoirida Aelani³

¹Program Studi Sistem Informasi, STMIK Bandung, Jalan Cikutra No. 113, Bandung, Jawa Barat, 40124, Indonesia

^{2,3}Program Studi Teknik Informatika, STMIK Bandung, Jalan Cikutra No. 113, Bandung, Jawa Barat, 40124, Indonesia

e-mail : dayanniveraversanika@gmail.com

Abstract:

Waste banks have emerged as an innovative initiative in mitigating environmental issues, particularly concerning the accumulation of plastic waste, especially plastic bottles which exhibit high resistance to natural degradation. However, conventional manual management practices are identified as inefficient and prone to data inaccuracies. This research focuses on the design and development of an Internet of Things (IoT)-based waste bank application aimed at facilitating the real-time monitoring and management of plastic bottles in a case study at Bank Sampah Rancasari. The application development methodology adopts a prototype approach. Technically, this system integrates the capabilities of ultrasonic and infrared sensors connected to a Wemos D1 Mini module to detect and count plastic bottles. The collected data is then transmitted to the Firebase platform and visualized via an Android-based application. Evaluation results demonstrate that the implementation of this application significantly enhances operational efficiency and recording accuracy, in addition to motivating community participation in independent recycling activities. The primary contribution of utilizing IoT technology in this system lies in its support for sustainable waste management, concurrently fostering increased active community engagement in environmental conservation efforts.

Keywords: *Application, Internet Of Things, Waste Bank, Plastic Bottles, Real-Time Monitoring.*

Abstrak:

Bank sampah telah muncul sebagai inisiatif inovatif dalam mitigasi isu lingkungan, terutama terkait dengan akumulasi limbah plastik, khususnya botol plastik yang memiliki resistensi tinggi terhadap degradasi alami. Akan tetapi, praktik pengelolaan konvensional masih diidentifikasi memiliki keterbatasan efisiensi dan rentan terhadap inakurasi data. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan aplikasi bank sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk memfasilitasi pemantauan dan manajemen botol plastik secara real-time pada studi kasus Bank Sampah Rancasari. Metodologi pengembangan aplikasi mengadopsi pendekatan prototipe. Secara teknis, sistem ini mengintegrasikan kapabilitas sensor ultrasonik dan inframerah yang terhubung dengan modul Wemos D1 Mini untuk mendeteksi dan mengukur jumlah botol plastik. Data yang diperoleh kemudian ditransmisikan ke platform Firebase dan divisualisasikan melalui aplikasi berbasis Android. Hasil evaluasi sistem menunjukkan bahwa implementasi aplikasi ini secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi pencatatan, di samping mendorong peningkatan partisipasi masyarakat dalam aktivitas daur ulang mandiri. Kontribusi utama dari pemanfaatan teknologi IoT dalam sistem ini terletak pada dukungannya terhadap pengelolaan sampah yang berkelanjutan serta peningkatan kesadaran lingkungan di tingkat komunitas.

Kata kunci: *Aplikasi, Internet Of Things, Bank Sampah, Botol Plastik, Monitoring Real-Time.*

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu material sintetik yang memiliki peran sentral dalam dinamika kehidupan modern, ditunjang oleh karakteristiknya yang ringan, tahan lama, kedap air, dan multifungsi. Penggunaannya meluas dalam berbagai sektor kegiatan antropogenik, mencakup bidang pengemasan, konstruksi bangunan, transportasi, hingga aplikasi pada perangkat elektronik

(Plakas et al., 2020). Namun, keunggulan ini juga membawa dampak negatif terhadap lingkungan, terutama ketika plastik tidak dikelola dengan baik setelah masa pakainya berakhir.

Salah satu isu lingkungan yang serius adalah polusi mikroplastik, yang dapat mencemari ekosistem tanah dan laut, serta masuk ke dalam rantai makanan manusia melalui tanah, udara, dan air (Mehmood, Peng, Salam, Prakash, & Haider, 2023; Sipe et al., 2022). Khususnya, botol plastik yang terbuat dari polietilena tereftalat (PET) merupakan sumber utama sampah plastik karena sifatnya yang sulit terurai secara hayati dan hanya dapat mengalami fotodegradasi (Liu et al., 2024).

Produksi botol polietilena tereftalat (PET), yang banyak digunakan untuk kemasan minuman, terus meningkat karena sifatnya yang ringan dan tahan lama. Risiko lingkungan yang terkait dengan PET diperkirakan sama besarnya dengan risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim. Karena PET tidak dapat terurai secara hayati dan hanya dapat mengalami fotodegradasi, botol plastik bekas pada akhirnya akan terurai menjadi fragmen yang lebih kecil (Xie et al., 2025). Rata-rata, 0,36 miliar ton sampah plastik dihasilkan secara global (Al Rashid & Koç, 2024). Lonjakan produksi plastik yang disertai praktik pengelolaan limbah yang tidak tepat serta perilaku dan kelalaian manusia yang tidak hati-hati telah menyebabkan melimpahnya plastik di ekosistem perairan dan darat atau tempat pembuangan sampah dalam skala global selama beberapa dekade terakhir. Data menunjukkan bahwa hingga tahun 2015, estimasi produksi plastik global telah mencapai 6.300 metrik ton. Dari jumlah tersebut, proporsi daur ulang tercatat hanya 9%, sementara 12% di antaranya telah diinsinerasi. Mayoritas, yaitu 79%, terakumulasi di lingkungan alam dan fasilitas penimbunan sampah (Plakas et al., 2020). Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan bahwa daur ulang bermanfaat bagi lingkungan dibandingkan dengan pilihan lainnya, 91% dari sampah plastik yang dihasilkan berpotensi menimbulkan ancaman lingkungan yang besar.

Menanggapi kompleksitas permasalahan pengelolaan limbah, bank sampah sebagai salah satu inisiatif inovatif yang signifikan. Model ini secara fundamental mendorong partisipasi masyarakat dalam pengumpulan dan penyimpanan sampah rumah tangga, yang kemudian dapat ditransformasi menjadi produk bernilai ekonomi. Lebih dari sekadar mekanisme pengelolaan material, implementasi bank sampah juga merepresentasikan suatu rekayasa sosial esensial dalam internalisasi kebiasaan pemilahan sampah yang efektif di tingkat komunitas (Sukmaniar, Wahyu Saputra, et al., 2023).

Namun, bank sampah tradisional sering menghadapi hambatan dalam mengelola botol plastik secara efektif. Metode manual cenderung tidak efisien, memakan waktu, dan rentan terhadap kesalahan. Kendala ini diperparah dengan kurangnya data real-time yang membuat bank sampah sulit merespon perubahan dengan cepat (Pires et al., 2025). Penerapan *Internet of Things* (IoT) yang integrasi jaringan alat perangkat cerdas yang saling terkoneksi dan mampu melakukan pertukaran data secara waktu nyata (real-time), guna mendukung efisiensi komunikasi dan pengambilan keputusan berbasis data. IoT dapat memberikan dukungan untuk kemampuan pemantauan dan otomatisasi tingkat lanjut (Denih et al., 2025).

Salah satu sumber utama sampah plastik saat ini yaitu botol plastik yang menimbulkan masalah serius bagi lingkungan karena sulit terurai (Muhammad Nizar Arvila Putra et al., 2024a). Keterbatasan dalam adopsi teknologi serta dominansi proses manual secara signifikan menghambat efektivitas pelacakan kuantitas dan sumber botol plastik yang terakumulasi di fasilitas penimbunan sampah. Situasi ini mengindikasikan adanya celah dalam sistem monitoring yang perlu ditangani untuk optimasi pengelolaan limbah (Mulyadi et al., 2025). Bank sampah tradisional sering kali menghadapi hambatan dalam mengelola botol plastik secara efektif, metode manual cenderung tidak efisien dan memakan waktu selain itu rentan terhadap kesalahan. Kendala ini diperparah dengan kurangnya data realtime yang membuat bank sampah sulit merespon perubahan dengan cepat (Colia et al., 2022).

Dalam hal ini teknologi *IoT* menawarkan peluang dalam monitoring dan pengelolaan sampah plastik dengan menggunakan sensor dan perangkat yang terhubung pada tempat pembuangan sampah yang dapat memantau dan mengumpulkan data secara realtime untuk memahami aliran botol plastik. Bank sampah otomatis ini dapat memberikan dukungan lebih lanjut bagi usaha daur ulang sampah botol plastik (Isnawaty et al., 2022).

Pengembangan aplikasi bank sampah yang terintegrasi dengan teknologi *IoT* ini bertujuan untuk menghadirkan solusi inovatif dalam optimalisasi pemantauan dan pengelolaan botol plastik. Inisiatif ini secara spesifik dirancang untuk mendorong praktik yang lebih ramah lingkungan, serta memotivasi masyarakat agar lebih proaktif dalam aktivitas penggunaan kembali (*reuse*) botol plastik bekas. Aplikasi bank sampah ini memberikan informasi kepada pihak terkait yang terhubung dengan internet agar lebih efisien dalam mengelola sampah botol plastik dan mempromosikan keuntungan yang didapat dalam mengumpulkan botol plastik secara mandiri.

KAJIAN PUSTAKA

1. Definisi Aplikasi

Aplikasi, dalam konteks komputasi, didefinisikan sebagai perangkat lunak (*software*) yang didesain dan diimplementasikan untuk mengeksekusi fungsi-fungsi spesifik dalam suatu sistem. Secara esensial, aplikasi merupakan manifestasi fungsional dari perangkat lunak yang dikembangkan guna menyelesaikan bagian tertentu. Kerangka pengembangan aplikasi dibagi menjadi tiga kelompok utama:

- a. Aplikasi Desktop: Perangkat lunak (*software*) dibuat untuk beroperasi secara *native* pada *operating system (OS)* komputer pribadi (PC) atau laptop.
- b. Aplikasi Web: Aplikasi yang dieksekusi melalui peramban web pada PC dan memerlukan konektivitas internet untuk fungsionalitasnya.
- c. Aplikasi Mobile: Meliputi perangkat lunak yang beroperasi pada perangkat bergerak seperti *smartphone*, dan saat ini telah menjadi sangat lazim dalam ekosistem digital (Adlan Al Hawari Nasution & Suryana, 2023).

Menurut Habibi & Karnovi dalam jurnal (Andreani et al., 2024), Aplikasi didefinisikan sebagai suatu program perangkat lunak yang dirancang untuk menjalankan serangkaian fungsi spesifik secara mandiri, langsung di bawah kendali pengguna. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi memiliki kapabilitas penuh untuk memfasilitasi eksekusi beragam tugas sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Rachmad Hakim S mengemukakan pendapat dari Aplikasi didefinisikan sebagai perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan dengan tujuan spesifik, misalnya untuk memfasilitasi pengolahan dokumen, rekreasi digital (permainan), atau berbagai fungsi spesifik lainnya (Syafriah Fachri Pane et al., 2020). Aplikasi didefinisikan sebagai suatu program perangkat lunak yang dirancang untuk langsung digunakan dalam memfasilitasi pelaksanaan fungsi-fungsi spesifik bagi penggunaannya. Lebih lanjut, aplikasi juga dapat diinterpretasikan sebagai instrumen yang memungkinkan pencapaian tujuan yang telah ditentukan bagi target audiens melalui interaksinya dengan aplikasi lain atau sistem yang relevan (Maulana & Susandi, 2021).

2. Definisi Monitoring

Pendapat dari (Safitri Situmorang et al., 2025) Monitoring didefinisikan sebagai suatu upaya sistematis dan berkelanjutan dalam pengumpulan informasi. Tujuan utamanya adalah untuk menyediakan data dan indikator kunci kepada pengelola program serta para pemangku kepentingan (*stakeholders*) terkait progres dan status implementasi aktivitas yang sedang berjalan. Pendapat (Aditya et al., 2021), Aktivitas pemantauan yang sistematis, dilaksanakan secara berkelanjutan untuk menghasilkan tolak ukur kuantitatif maupun kualitatif. Indikator-indikator ini esensial dalam merefleksikan dan mengukur tingkat kemajuan suatu program atau proyek sepanjang waktu. Berlindo mengemukakan dalam jurnal (Andreani et al., 2024) Pemantauan (*monitoring*) dapat didefinisikan secara konseptual sebagai kesadaran yang terfokus pada informasi atau data yang ingin diidentifikasi dan dipahami oleh pihak yang berkepentingan. Ini merefleksikan suatu upaya sistematis untuk memperoleh pengetahuan yang relevan mengenai objek atau fenomena yang diamati. Saputro menjelaskan dalam Jurnal (Pramana & Hidayatullah, n.d.), Monitoring didefinisikan sebagai praktik sistematis dan berkelanjutan dalam pengumpulan data.

Pemantauan dapat dijelaskan sebagai suatu kondisi kesadaran (*awareness*) yang terfokus pada informasi krusial yang ingin diketahui. Monitoring tingkat tinggi, khususnya, dirancang untuk

menghasilkan pengukuran terkuantifikasi sepanjang waktu, yang secara jelas mengindikasikan pergerakan baik menuju maupun menjauh dari sasaran program yang telah ditetapkan.

3. Definisi *Internet of Things (IoT)*

(Ayu Syahfitri, 2025) menjelaskan bahwa *IoT* merepresentasikan sistem terintegrasi yang didesain menjangkau konektivitas internet secara berkesinambungan. Esensinya, teknologi ini memfasilitasi interkoneksi berbagai perangkat atau objek melalui infrastruktur jaringan internet. *IoT* memungkinkan kontrol, komunikasi, dan kolaborasi antarperangkat keras yang beragam, menjadikannya teknologi yang sangat relevan dan aplikatif di berbagai sektor. Untuk memastikan fungsionalitas sinergis antara komponen perangkat lunak dan perangkat keras dalam ekosistem *IoT*, keberadaan suatu sistem operasi adalah prasyarat fundamental.

Internet of Things (IoT) merepresentasikan suatu paradigma teknologi canggih yang secara fundamental merujuk pada ekosistem global yang terdiri dari beragam perangkat dan sistem yang saling terkoneksi melalui jaringan internet. Interkoneksi ini memfasilitasi pertukaran data secara *seamless*. Teknologi ini diintegrasikan dengan sensor dan perangkat lunak untuk memfasilitasi komunikasi, pengendalian, dan pertukaran data antarperangkat secara nirkabel (*wireless*) selama terkoneksi dengan internet, sehingga mendukung operasionalisasi tanpa ketergantungan pada infrastruktur kabel. *IoT* memiliki korelasi erat dengan konsep *machine-to-machine (M2M)*. Perangkat yang mempunyai kapabilitas komunikasi *machine-to-machine (M2M)* ini sering diidentifikasi sebagai *smart devices*. (Selay et al., 2022).

4. Definisi Sampah Plastik

Sampah plastik termasuk dalam kategori sampah anorganik yang memiliki karakteristik sulit terurai secara alami. Kontributor utama terhadap akumulasi sampah plastik berasal dari limbah rumah tangga. Untuk menekan volume sampah plastik, diperlukan penerapan strategi pengelolaan yang dikenal sebagai prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Namun demikian, apabila aktivitas pengelolaan ini hanya terhenti pada tahap pengumpulan di bank sampah tanpa adanya kelanjutan proses daur ulang atau pemanfaatan lebih lanjut, maka upaya tersebut belum mencerminkan sistem pengelolaan yang optimal dan berkelanjutan (Fitriani et al., 2021).

Sampah plastik adalah sampah tumbuhan dicetak juga dirapikan untuk bahan zat ini sangat berdampak negatif disekitar masyarakat sebab, sampah polimer ini susah terurai, susah untuk menyerap cairan juga payah terperinci seperti natural. jika mengurangi kotoran polimer untuk tersendiri, dibutuhkan waktu sekitar delapan puluh warsa hingga benar-benar terurai. (Trainer et al., 2021) Karena sifat sekali pakai (*disposable*) plastik, standar kebersihan mumpuni, dan biaya produksi rendah dan ketersediaannya yang melimpah, material ini menjadi umum apabila digunakan pada aspek kehidupan masyarakat (Wardana et al., 2023).

(Nofiyanti et al., n.d.) mengemukakan Sampah plastik menimbulkan ancaman serius bagi lingkungan karena sifatnya yang non-biodegradable, non-absorben, dan tidak korosif, yang pada akhirnya memicu berbagai permasalahan ekologis. Sebagai material anorganik sintesis, plastik terdiri komponen kimia baik berpotensi berbahaya untuk ekosistem. Dekomposisi alami sampah plastik sangatlah sulit, diperkirakan memerlukan waktu > 80 tahun untuk bisa terdegradasi secara sempurna. Dengan demikian, pemanfaatan material plastik tanpa batasan yang jelas dapat dikategorikan tidak ramah lingkungan atau non-konservatif.

5. Definisi Botol Plastik

Disampaikan (Kusuma & Sudarni, 2022a) “Botol plastik merupakan hasil olahan dari biji plastik yang banyak dimanfaatkan karena kepraktisannya dalam mendukung berbagai aktivitas harian. Variasi karakteristik botol plastik mengindikasikan pentingnya pemahaman terhadap klasifikasi dan fungsi spesifik masing-masing jenis. Pengetahuan yang memadai mengenai tipe botol plastik diperlukan guna memastikan penggunaannya tidak menimbulkan potensi risiko kesehatan akibat ketidaksesuaian fungsi dan materialnya.”

Pendapat daari (Khalil et al., 2021) sampah anorganik yang meluap di lingkungan sekitar masyarakat. Dengan volume kemasan botol plastik tidak disarankan untuk penggunaan secara

berulang hal ini berpotensi menimbulkan dampak tidak baik bagi Kesehatan. Akan tetapi, botol plastik memiliki potensi keuntungan media tanam dalam sistem hidroponik.

Botol plastik memegang peranan integral dalam kehidupan sehari-hari, namun keberadaannya dibatasi oleh masa pakai tertentu. Setelah itu, botol plastik terklasifikasi sebagai sampah plastik, yang dapat memicu permasalahan lingkungan serius. Efek domino yang tidak terhindarkan dari akumulasi sampah plastik meliputi pencemaran tanah, air, dan udara, yang berujung pada kondisi lingkungan yang kumuh serta emisi bau yang tidak sedap (Kusuma & Sudarni, 2022b).

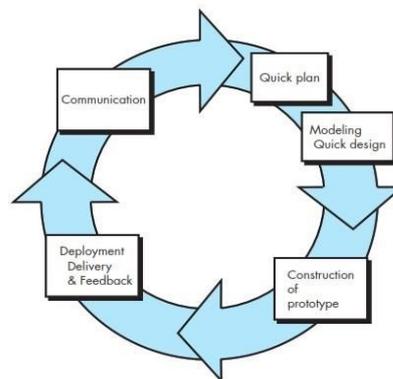
6. Definisi Bank Sampah

Pendapat dari (Afdhal, 2024) menyatakan bahwa Bank Sampah merupakan bentuk inovasi strategis dalam pengelolaan sampah berbasis keberlanjutan, yang dilandaskan pada pendekatan rekayasa sosial guna mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam kegiatan pemilahan dan pengelolaan sampah secara mandiri. Menurut Jumar dalam (Sukmaniar, Saputra, et al., 2023) Bank sampah berfungsi semacam sarana proses mengumpulkan sampah anorganik rumah tangga yang dikelola secara sistematis, di mana sampah tersebut dipilah dan didaur ulang sehingga memiliki nilai tambah secara ekonomi. Pendapat dari Kristina dalam (Sukmaniar, Saputra, et al., 2023), Manfaat ekonomi yang dihasilkan dari aktivitas daur ulang sampah anorganik berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan masyarakat pengelola bank sampah. Oleh karena itu, keberadaan dan peran aktif komunitas menjadi elemen penting dalam menjamin keberlanjutan sistem pengelolaan bank sampah secara holistik.

Menurut Suwerda, Bambang dalam (Masruroh, 2021), Bank sampah merupakan lembaga pengelolaan sampah berbasis partisipasi masyarakat, di mana proses pelayanan dilakukan oleh petugas (teller) kepada warga yang berperan sebagai penabung. Mekanisme operasional bank sampah secara umum menyerupai sistem perbankan konvensional, dengan perbedaan utama terletak pada jenis setoran: alih-alih uang, masyarakat menyetorkan sampah terpilah yang kemudian dikonversi menjadi nilai ekonomi yang setara dalam bentuk uang.

METODE PENELITIAN

Pada tahap ini, penulis melaksanakan proses pengujian terhadap perangkat lunak yang telah dikembangkan. Adapun tahapan-tahapan dalam model pengembangan prototipe yang diterapkan dapat dilihat secara visual pada Gambar berikut.



Gambar 1. *Prototype* (Kurniati, 2021)

Metode *prototype* yang dikemukakan oleh (Kurniati, 2021) mencakup sejumlah tahapan sistematis yang perlu dilalui dalam proses pengembangan perangkat lunak. Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- a. **Quick Plan**, Perencanaan ini merinci tujuan, cakupan, dan persyaratan tingkat tinggi dari proyek. Dan melibatkan penetapan tujuan, definisi peran dan tanggung jawab, serta pembuatan rencana umum untuk bagaimana proyek akan dilaksanakan. Pada tahap ini, tim akan fokus pada pemahaman awal dan penetapan dasar proyek Tujuan Proyek, Cakupan

Proyek, Persyaratan Tingkat Tinggi, Aplikasi harus *user-friendly*, Peran dan Tanggung Jawab, Rencana Umum Pelaksanaan.

- b. Modeling Quick Design**, Pada tahap ini, dapat membuat model desain yang memberikan representasi visual dari sistem atau produk. Melibatkan pembuatan diagram, *flowchart*, atau bantuan visual lainnya untuk mengkomunikasikan struktur dan fungsionalitas solusi yang diusulkan.
 1. Desain Sistem Keseluruhan, membuat diagram arsitektur sistem yang menunjukkan hubungan antara perangkat IoT (sensor, mikrokontroler), gateway, cloud server, aplikasi mobile, dan dashboard web, membuat *flowchart* ntuk proses utama, seperti alur setoran botol plastik, alur penukaran poin, dan alur pelaporan.
 2. Desain Antarmuka Pengguna (UI/UX), membuat mockup awal untuk tampilan utama aplikasi *mobile* halaman *login*, *dashboard* anggota, halaman setoran dan *dashboard* web halaman ringkasan data, laporan transaksi. Ini akan memberikan representasi visual tentang bagaimana pengguna akan berinteraksi dengan sistem.
 3. Desain *Database*, membuat model data awal yang menunjukkan entitas kunci seperti anggota, setoran, botol plastik, poin, serta hubungan antar entitas.
- c. Construction Of Prototype**, Tahap ini melibatkan pembuatan prototipe kerja dari produk atau sistem. Dari produk akhir yang dapat digunakan untuk pengujian dan pengumpulan umpan balik. Pada tahap ini, pengembangan prototipe fungsional dilakukan dengan mengacu pada rancangan sistem yang telah disusun sebelumnya, guna merepresentasikan alur kerja dan fungsionalitas utama dari perangkat lunak yang dikembangkan.
 - a. Pengembangan Modul IoT, membuat prototipe perangkat keras IoT yang dapat mendeteksi, menghitung, dan mengirimkan data botol plastik ke *server*. Ini mungkin melibatkan uji coba sensor, kalibrasi, dan pemrograman mikrokontroler.
 - b. Pengembangan Prototipe Aplikasi *Mobile*, membangun versi fungsionalitas inti dari aplikasi Android. Modul untuk registrasi anggota, *scan* QR code/input manual botol plastik, tampilan poin, dan riwayat transaksi.
 - c. Pengembangan *Prototype* Dashboard *mobile*, membuat *dashboard mobile* dasar yang dapat menerima data dari perangkat IoT, serta menampilkan laporan sederhana (misalnya, jumlah botol terkumpul harian/bulanan).
 - d. Integrasi Awal, melakukan uji coba integrasi antara modul IoT, *server*, aplikasi *mobile* untuk memastikan aliran data berjalan lancar.
 - e. Fokus pada Fungsionalitas Inti, Prototipe ini tidak perlu sempurna atau memiliki semua fitur akhir, tetapi harus cukup fungsional untuk menguji konsep utama dan mendapatkan umpan balik awal.
- d. Deployment Delivery and Feedback**, mengimplementasikan atau mengirimkan solusi ke pengguna, tahapan ini juga mencakup proses pengumpulan umpan balik dari pengguna akhir maupun pemangku kepentingan, yang bertujuan untuk mengidentifikasi aspek-aspek sistem yang memerlukan penyempurnaan atau modifikasi lebih lanjut. Setelah prototipe siap, akan dilakukan pengujian dan pengumpulan masukan dari pengguna nyata:
 - a. Penyebaran Awal, mendistribusikan prototipe aplikasi *mobile* kepada perwakilan anggota Bank Sampah Rancasari dan petugas, serta memberikan akses dashboard kepada pengelola.
 - b. Pengujian dan Observasi, mengamati bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem dan perangkat IoT di lingkungan Bank Sampah Rancasari.
 - c. Pengumpulan Umpan Balik, mengadakan sesi wawancara atau kuesioner untuk mengidentifikasi kemudahan penggunaan (UI/UX), fungsionalitas yang kurang atau tidak berfungsi, fitur tambahan yang dibutuhkan, masalah kinerja atau bug, meselarasan dengan kebutuhan operasional Bank Sampah Rancasari, identifikasi Area Perbaikan, menganalisis semua masukan untuk menentukan prioritas perbaikan dan modifikasi untuk iterasi selanjutnya.

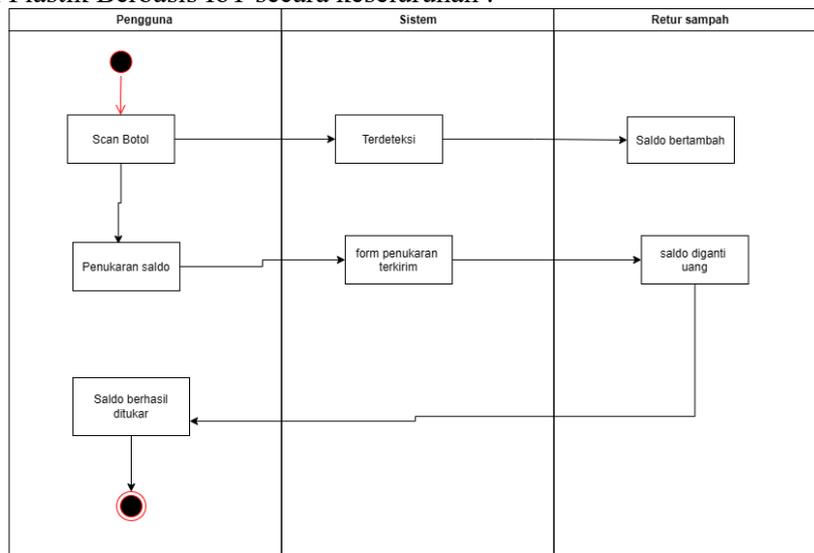
- e. **Communication**, kegiatan yang berlangsung terus-menerus dan melintasi seluruh proses pengembangan. Semua pemangku kepentingan tetap diinformasikan tentang kemajuan, perubahan, dan informasi penting lainnya. Komunikasi adalah aspek krusial yang harus berjalan terus-menerus sepanjang seluruh siklus proyek:
- Rapat Rutin, mengadakan rapat rutin antara tim pengembang dan pihak Bank Sampah Rancasari (pengelola, perwakilan anggota) untuk membahas kemajuan, tantangan, dan perubahan persyaratan.
 - Pelaporan Status, menyampaikan laporan status proyek secara berkala kepada semua pemangku kepentingan.
 - Dokumentasi Perubahan, mendokumentasikan setiap perubahan desain, fitur, atau fungsionalitas yang timbul dari umpan balik pengguna.
 - Kolaborasi Aktif, memastikan saluran komunikasi terbuka untuk pertanyaan, klarifikasi, atau masukan mendadak. Langkah kolaborasi aktif bertujuan memastikan produk akhir dikembangkan selaras akan kebutuhan dan harapan pengguna, khususnya dalam konteks operasional Bank Sampah Rancasari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT, desain sistem harus mempertimbangkan kemampuan program untuk memenuhi kebutuhan pengguna dan memastikan antarmuka yang intuitif serta mudah dipahami.

Flowmap yang diusulkan

Berikut *flowmap* yang diusulkan pada Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT secara keseluruhan :



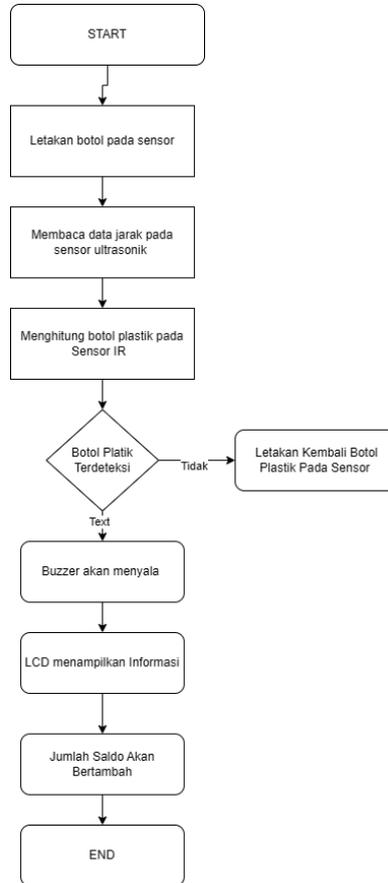
Gambar 2. Flowmap yang diusulkan

Penjelasan berikut menyajikan *flowmap* yang diusulkan dalam pengembangan Aplikasi Bank Sampah untuk pemantauan dan pengelolaan botol plastik berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT):

- Pengguna melakukan pemindaian botol menggunakan perangkat yang terhubung ke sistem (biasanya IoT *device* atau aplikasi *mobile*).
- Sistem mendeteksi keberadaan botol plastik yang dipindai dan mengkonfirmasi jenis botol yang sesuai.
- Setelah botol berhasil terdeteksi, saldo pengguna otomatis bertambah sesuai nilai botol yang dikembalikan.
- Pengguna memilih untuk menukarkan saldo yang telah dikumpulkan.

- e. Sistem menerima permintaan penukaran saldo dan mengirimkan formulir penukaran ke bagian pengelola saldo atau sistem retur sampah.
- f. Saldo yang dikumpulkan diganti dengan uang atau bentuk penghargaan lain yang disetujui.
- g. Pengguna menerima notifikasi bahwa saldo telah berhasil ditukar.

Flowchart Alat Deteksi Botol Plastik

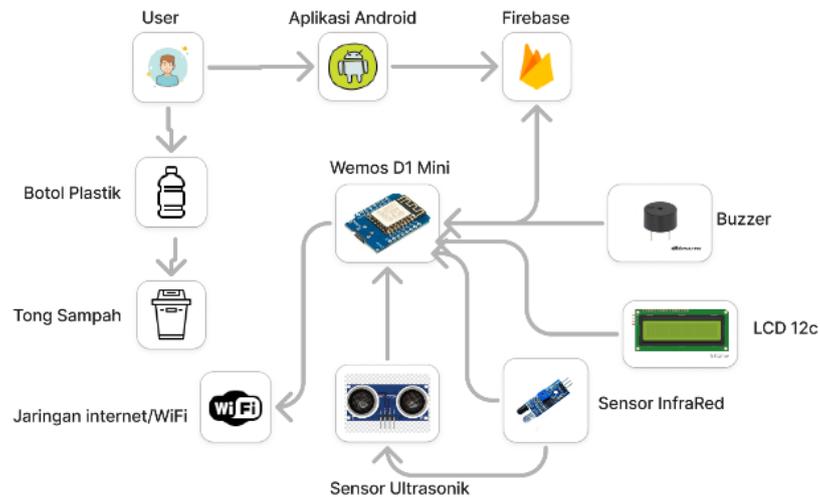


Gambar 3. Flowchart Alat Deteksi

Berikut ini alur kerja alat pendeteksi botol plastik:

- a. Letakan boto pada sensor infrared.
- b. Sensor ultrasonik akan membaca jarak botol pada sensor infrared.
- c. Sensor infrared akan menghitung jumlah botol yang masuk melawati sensor.
- d. Jika botol terdeteksi *Buzzer* akan menyala.
- e. LCD 12c akan menampilkan informasi saldo bertambah.
- f. Jumlah saldo akan bertambah dan masuk ke firebase dan akan muncul pada aplikasi android.
- g. Jika botol tidak terdeteksi coba ulang letakan kembali botol pada sensor infrared.

Desain Aplikasi

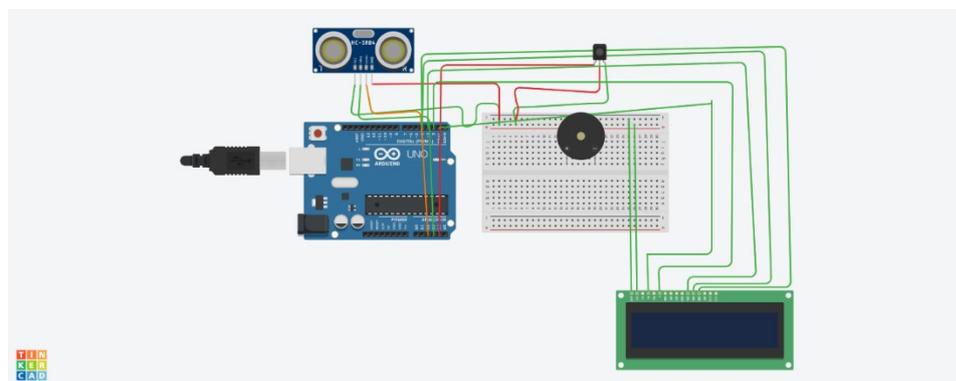


Gambar 4. Desain Aplikasi

Cara kerja Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT sebagai berikut :

- a. User meletakkan botol pada tong sampah yang terpasang sensor infrared.
- b. Botol yang melewati sensor akan dihitung jaraknya jika kurang dari 30 cm maka botol akan terdeteksi.
- c. Botol yang terdeteksi akan dihitung oleh Sensor infrared dan mengirimnya ke Wemos D1 Mini.
- d. Buzzer akan menyala jika botol terdeteksi.
- e. LCD menampilkan informasi saldo bertambah.
- f. Wemos D1 Mini mengirim nilai hitung botol pada Firebase.
- g. Firebase mengirimkan nilai hitung botol pada aplikasi android yang sudah terinstal pada smartphone.
- h. Smartphone akan menampilkan hasil nilai hitung.
- i. User dapat melihat hasil nilai hitung aplikasi smartphone.
- j. Wemos D1 Mini dengan Wifi Access Point untuk koneksi Internet.

Perancangan Perangkat Keras



Gambar 5. Perancangan Perangkat Keras

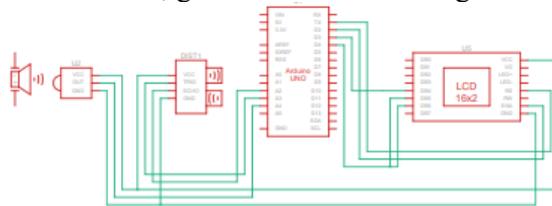
Berikut ini penjelasan alur perancangan perangkat keras Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT sesuai pada gambar 5:

- a. *Wemos D1 Mini* dihubungkan ke *Sensor TCRT5000* untuk mendeteksi botol plastik
- b. *Wemos D1 Mini* dihubungkan ke *Sensor Ultrasonik* untuk mengetahui jarak sensor dengan botol
- c. *Wemos D1 Mini* dengan modul *ESP8266* akan memberitahu dan menghitung jumlah botol yang melewati sensor
- d. *Wemos D1 Mini* Dihubungkan dengan *Buzzer* untuk mengetahui jika botol terdeteksi
- e. *Wemos D1 Mini* Dihubungkan dengan LCD 12C untuk memberikan informasi jika saldo telah bertambah

Prinsip kerjanya adalah sensor ultrasonik akan mendeteksi benda pada jarak kurang dari 30 cm, lalu akan di deteksi oleh sensor TCRT5000 , kemudian akan di proses oleh rangkaian sistem yang akan dihasilkan output berupa jumlah saldo yang akan ditampilkan pada aplikasi android.

Rancangan Antarmuka *Hardware*

Perancangan Antar Muka dibuat untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan komputer. Berikut Perancangan antar muka dari Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT, gambar dibawah ini rangkaian ESP8266 yang berjalan.



Gambar 6. Rancangan Antarmuka Pengguna

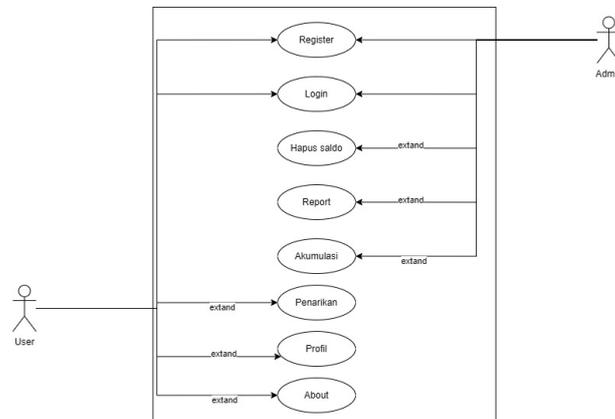
Jika Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak botol kurang dari 30 cm dan sensor Infrared mendeteksi botol maka data akan dikirim ke firebase berupa jumlah botol yang melewati sensor dan akan ditampilkan pada aplikasi android pada rangkaian diatas kita bisa melihat rangkaian dari komponen, yaitu

- a. Sensor Ultrasonik => Wemos D1 Mini dan Breadboard
 1. Pin VCC (+) : Komponen ini dihubungkan ke jalur positif (*positif rail*) pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
 2. Pin Trig : Menuju Pin D3
 3. Pin Echo : Menuju Pin D2
 4. Pin GND (-) : Komponen ini dihubungkan ke jalur *negatif* pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
- b. Sensor TCRT5000 (InfraRed)
 1. Pin VCC (+) : Komponen ini dihubungkan ke jalur positif (*positif rail*) pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
 2. Pin GND (-) : Komponen ini dihubungkan ke jalur *negatif* pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
 3. Pin OUT : Menuju D4
- c. Buzzer
 1. Pin GND (-) : Komponen ini dihubungkan ke jalur *negatif* pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
 2. Pin OUT : Menuju D1
- d. LCD 12c
 1. Pin VSS (+) : Komponen ini dihubungkan ke jalur positif (*positif rail*) pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
 2. Pin VDD (-) : Komponen ini dihubungkan ke jalur *negatif* pada breadboard untuk mendapatkan suplai tegangan dari sumber daya.
 3. Pin OUT : Menuju D8
 4. Pin OUT : Menuju D7

5. Pin OUT : Menuju D6
6. Pin OUT : Menuju D5
7. Pin OUT : Menuju A0

Usecase Diagram Aplikasi

Pada tahapan ini penulis akan merancang dalam bentuk diagram, struktur tabel dan desain antarmuka Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT.



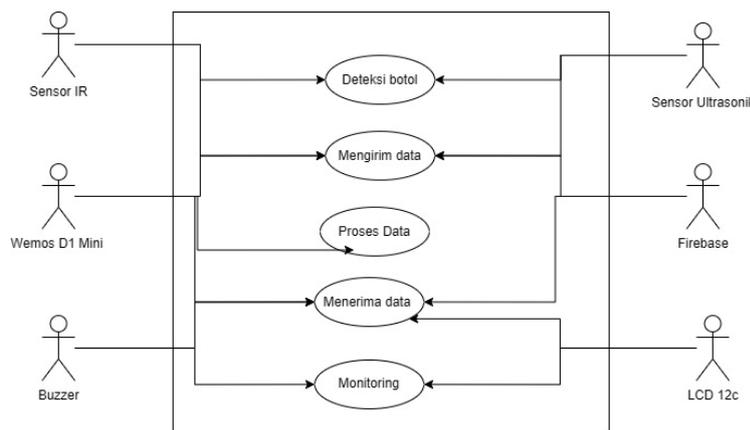
Gambar 7. Usecase Diagram Aplikasi

Berikut ini *usecase diagram* dari Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT berbasis Android:

1. Admin mengakses halaman Register, Login, Hapus, Saldo, Report, Akumulasi pada Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT.
2. User hanya bisa mengakses halaman Register, Login, Penarikam, Profil, About pada Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT.

Usecase Diagram Hardware

Berikut ini *Usecase Diagram Hardware* pada Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT:



Gambar 8. Usecase Diagram Hardware

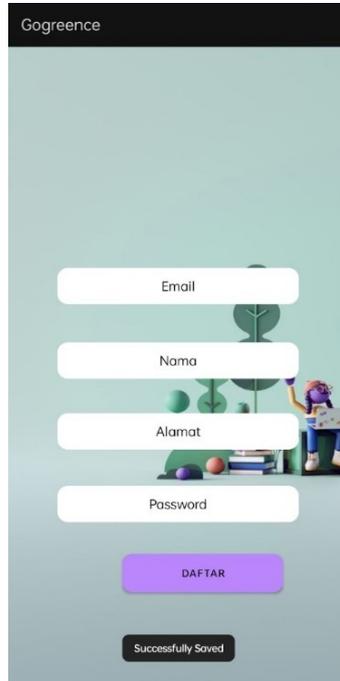
Usecase Diagram Sistem Monitoring dan Deteksi Botol berbasis IoT menggunakan perangkat Wemos D1 Mini dengan berbagai komponen seperti Sensor IR, Sensor Ultrasonik, Firebase, Buzzer, dan LCD 12c. Berikut penjelasan detail alur diagramnya:

1. Deteksi Botol menggunakan Sensor Inframerah (IR) dan Sensor Ultrasonik
 - a. Sensor Inframerah (IR) dan Sensor Ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi keberadaan botol.

- b. Sensor Inframerah (IR) digunakan untuk mendeteksi adanya objek yang melewati jalur sensor, biasanya digunakan untuk mendeteksi apakah ada botol yang masuk ke area deteksi.
 - c. Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak atau tinggi botol untuk memastikan keberadaan dan ukurannya.
 2. Mengirim Data (Wemos D1 Mini)
 - a. Setelah botol terdeteksi, data dari sensor akan dikirimkan ke Wemos D1 Mini, sebuah modul mikrokontroler yang memiliki fitur Wi-Fi untuk komunikasi dengan server.
 - b. Wemos D1 Mini kemudian mengirimkan data ini ke database, dalam hal ini menggunakan Firebase.
 3. Proses Data (Wemos D1 Mini)
 - a. Wemos D1 Mini juga bertanggung jawab untuk memproses data yang diterima dari sensor, termasuk:
 - 1) Memvalidasi apakah objek yang terdeteksi benar-benar botol.
 - 2) Menganalisis data jarak dari sensor ultrasonik untuk menentukan ukuran botol.
 - 3) Menghitung jumlah botol yang terdeteksi.
 4. Menerima Data (Firebase dan Wemos D1 Mini)
 - a. Data yang dikirimkan ke Firebase akan disimpan dan dapat diakses secara real-time untuk berbagai keperluan monitoring.
 - b. Wemos D1 Mini juga dapat menerima instruksi dari server Firebase, misalnya untuk menyalakan alarm atau memberi notifikasi jika ada kondisi tertentu yang terdeteksi.
 5. Monitoring (LCD 12c dan Buzzer)
 - a. Data yang diterima akan ditampilkan pada LCD 12c, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk melihat status deteksi botol secara langsung.
 - b. Jika terjadi kondisi tertentu, seperti botol yang salah terdeteksi atau penuh, maka Buzzer akan memberikan notifikasi suara sebagai peringatan.
 6. Alur Keseluruhan Sistem:
 - a. Sensor IR dan Sensor Ultrasonik mendeteksi botol.
 - b. Wemos D1 Mini menerima data dari sensor dan mengirimkannya ke Firebase.
 - c. Firebase menyimpan data dan mengirimkan kembali status ke Wemos D1 Mini untuk tindakan lebih lanjut.
 - d. Informasi ditampilkan pada LCD 12c, dan Buzzer akan berbunyi jika diperlukan.

Implementasi Register

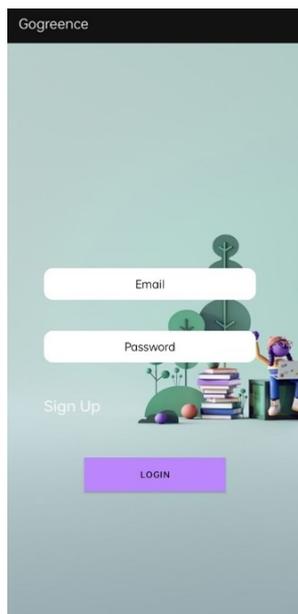
Registrasi yang diimplementasikan untuk menerima input data pengguna serta memproses pendaftaran secara otomatis berdasarkan informasi yang diberikan. Setelah proses registrasi berhasil, sistem akan menampilkan notifikasi sebagai konfirmasi bahwa pengguna telah berhasil melakukan pendaftaran.



Gambar 9. Halaman *Register*

Implementasi Login User

Login harus dapat menerima input *email* dan *password*, akan divalidasi sistem. Apabila *email* dan *password* cocok maka user dapat masuk dashboard. Namun jika tidak sesuai maka akan dapat notif.



Gambar 10. Halaman *Login*

Implementasi *Dashboard*

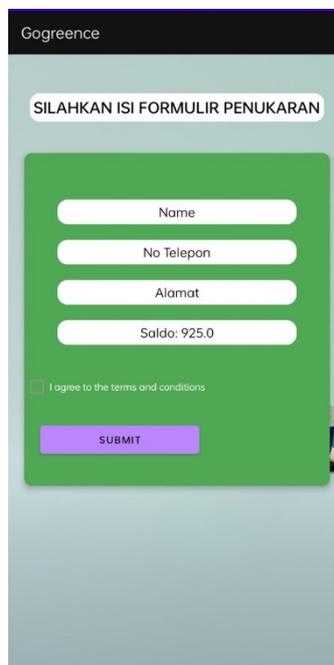
Halaman Dashboard dirancang untuk menampilkan informasi saldo pengguna yang dihitung secara otomatis berdasarkan jumlah botol plastik yang telah berhasil dikumpulkan dan disetorkan.



Gambar 11. Halaman Dashboard

Implementasi Penarikan User

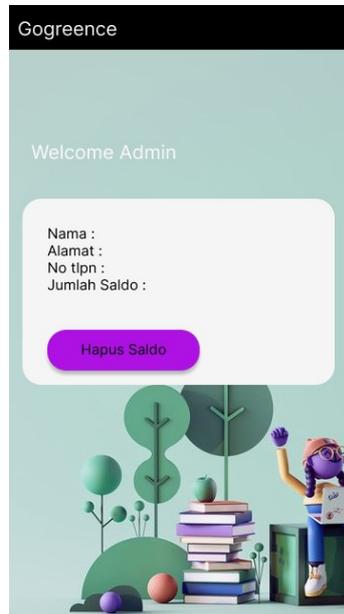
Penarikan user ini berfungsi untuk melakukan penarikan saldo dengan mengisi formulir yang tersedia pada halaman ini.



Gambar 12. Halaman Penarikan

Implementasi Dashboard Admin

Dashboard Admin berguna untuk melihat data user yang melakukan penarikan dan dapat menghapus saldo.



Gambar 13. Halaman Dashboard Admin

Implementasi Akumulasi Admin

Akumulasi Admin berguna untuk melihat akumulasi uang yang sudah dikeluarkan untuk penarikan saldo.



Gambar 14. Halaman Akumulasi Admin

Rencana Pengujian

Dengan rencana pengujian ini dibuat memudahkan dalam melakukan pengujian secara *blackbox* yang ada pada Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik Berbasis IoT berbasis Android

Tabel 1. Strategi Pengujian

Kasus Uji	Kasus Uji Spesifik
Pengujian Alat deteksi botol plastik	a. Sensor terhubung ke wemos b. Sensor dapat mendeteksi botol c. Wemos terhubung ke jaringan internet d. Wemos dapat mengirim data ke firebase e. Buzzer mengeluarkan bunyi saat botol terdeteksi f. LCD menampilkan informasi saldo bertambah
Pengujian <i>Register</i>	a. Membuka halaman <i>register</i> b. Menginput data pada form <i>register</i>
Pengujian <i>Login</i>	a. Membuka halama login b. Menginput data email dan password pada form
Pengujian <i>Monitoring Saldo</i>	a. Membuka halaman <i>dashboard</i> yang terdapat saldo b. Menukar saldo dengan uang cash
Pengujian <i>Report Admin</i>	a. Membuka halaman <i>Report</i> b. <i>Mengklik</i> tanggal dan <i>button report</i>
Pengujian <i>Akumulasi Admin</i>	a. Membuka halaman <i>report</i> b. <i>Mengklik button</i> akumulasi

Pengujian Alat Deteksi Botol Plastik

Pengujian alat deteksi botol plastik menitikberatkan pada sensor itu sendiri. Berikut merupakan tabel pengujian alat ukur :

Tabel 2. Pengujian Alat Deteksi Botol

Skenario Pengujian	Yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Sensor terhubung ke Wemos D1 Mini	Sensor terhubung ke wemos D1 Mini	Sensor berhasil terhubung ke Wemos D1 Mini	Valid
Sensor dapat mendeteksi botol plastik	Sensor dapat mendeteksi botol plastik	Sensor berhasil mendeteksi botol plastik	Valid
Wemos terhubung ke jaringan internet dan menerima data dari sensor	Wemos D1 Mini terhubung ke jaringan internet dan dapat menerima data dari sensor	Wemos D1 Mini berhasil terhubung ke internet dan dapat menerima data dari sensor	Valid
Wemos dapat mengirim data ke Firebase	Wemos dapat mengirim data ke firebase	Wemos berhasil mengirim data ke firebase	Valid

Buzzer mengeluarkan bunyi saat botol terdeteksi	Buzzer mengeluarkan bunyi saat botol terdeteksi	Buzzer berhasil mengeluarkan bunyi saat botol terdeteksi	Valid
LCD menampilkan informasi di layar	LCD menampilkan informasi saldo bertambah	LCD berhasil menampilkan informasi di layar	Valid

Pengujian Register Pengguna Baru

Pengujian *register* pengguna baru menitikberatkan pengujian pada fungsi register itu sendiri pada sistem. Berikut merupakan tabel pengujian *register* pengguna baru.

Tabel 3. Pengujian Register User

Skenario Pengujian	Yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Pengguna dapat membuka halaman <i>register</i>	Halaman <i>register</i> dapat diakses	Halaman <i>register</i> berhasil terbuka	Valid
Menginput data pada form <i>register</i>	Pengguna dapat mengisi form data	Pengguna berhasil mengisi form data	Valid
Pengguna mengklik sign up dan data belum digunakan	Data terkirim ke firebase	Data berhasil terkirim ke firebase	Valid

Pengujian Login

Pengujian login pada sistem menitikberatkan pengujian pada fungsi login itu sendiri pada sistem. Berikut tabel pengujian halaman login :

Tabel 4. Pengujian Halaman Login

Skenario Pengujian	Yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Membuka halaman <i>login</i>	Halaman <i>login</i> dapat diakses	Halaman <i>login</i> berhasil terbuka	Valid
Menginput <i>email</i> dan <i>password</i> halaman <i>login</i>	Pengguna mengisi <i>email</i> dan <i>password</i> halaman <i>login</i>	Pengguna berhasil mengisi <i>email</i> dan <i>password</i> halaman <i>login</i>	Valid
Halaman dashboard	Pengguna masuk ke halaman dashboard setelah <i>login</i>	Pengguna berhasil masuk ke halaman dashboard setelah <i>login</i>	Valid

Pengujian Monitoring Saldo

Tabel 5. Pengujian Monitoring Saldo

Data	Yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Membuka halaman <i>dashboard</i> terdapat saldo	Halaman <i>dashboard</i> dapat diakses	Halaman <i>dahboard</i> berhasil terbuka	Valid
Menukar saldo dengan uang cash	Pengguna dapat mengisi data pada menu penarikan dan mengisi form	Pengguna berhasil mengisi data pada menu penarikan	Valid

Pengujian Report Admin

Tabel 6. Pengujian Report Admin

Data	Yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Membuka halaman <i>menu report</i> yang terdapat tanggal	Halaman <i>menu report</i> dapat diakses	Halaman <i>menu report</i> berhasil terbuka	Valid

Mengklik tanggal dan <i>Admin</i> dapat Halaman Valid <i>button</i> report melihat data menampilkan data penukaran saldo penukaran saldo user <i>user</i>

Pengujian Akumulasi *Admin*

Tabel 7. Pengujian Akumulasi *Admin*

Data	Yang diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Membuka halaman <i>menu report</i> yang terdapat <i>button</i> akumulasi	Halaman <i>menu report</i> dapat diakses	Halaman <i>menu report</i> berhasil terbuka	Valid
Mengklik <i>button</i> akumulasi	<i>Admin</i> dapat melihat data yang dikeluarkan	Halaman menampilkan data uang yang sudah dikeluarkan	Valid

Kesimpulan Hasil Pengujian

Merujuk hasil *blackbox testing* dan analisis, simpulan penelitian ini dapat dirumuskan:

1. Rancangan dibuat berhasil mendeteksi botol plastik dan dapat mengirimkan data botol plastik ke firebase
2. Sensor dapat terhubung ke wemos d1 mini
3. Buzzer dapat mengeluarkan suara saat botol terdeteksi
4. LCD dapat menampilkan informasi saldo bertambah pada layar
5. Wemos di mini berhasil terhubung ke jaringan wifi
6. Aplikasi berhasil membuat akun pada user dan admin
7. Aplikasi dalam mengelola akun user dan admin berjalan lancar tanpa ada kendala
8. User dapat mengirim formulir penarikan dan membuka menu yang ada pada aplikasi dengan lancar.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian tahapan dari proses pengembangan Aplikasi Bank Sampah untuk Pemantauan dan Pengelolaan Botol Plastik telah menghasilkan sejumlah capaian sebagai berikut:

- a. Sistem ini mampu mendeteksi botol plastik dengan akurat, sehingga memungkinkan pemantauan data secara realtime sehingga mengurangi metode manual yang rentan kesalahan
- b. Aplikasi ini mampu terintegrasi dengan IoT, yang memungkinkan masyarakat untuk mengidentifikasi jumlah saldo.
- c. Pengujian terhadap efektivitas dan efisiensi ini menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat meningkatkan tingkat daur ulang di Bank Sampah Rancasari.

2. Saran

Aplikasi Bank Sampah untuk pemantauan dan pengelolaan botol plasti berbasis IoT ini telah berhasil dibuat. Berikut beberapa saran untuk pengembangan aplikasi yang akan datang:

- a. Menambahkan fitur camera agar scanning botol lebih akurat
- b. Menambahkan fitur riwayat pada tampilan pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, R., Handrianan Pranatawijaya, V., Bagus Adidyana Anugrah Putra, P., Hendrik Timang, J., Palangkaraya, K., & Tengah, K. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Kegiatan Menggunakan Metode Prototype. In *JOINTECOMS (Journal of Information Technology and Computer Science) p-ISSN: xxxx-xxxx* (Vol. 1, Issue 1).

- Adlan Al Hawari Nasution, M., & Suryana, E. (2023). RANCANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERUPA APLIKASI AUGMENTED REALITY BERBASIS ANDROID. In *Sawah Lebar Kota Bengkulu* (Vol. 19, Issue 2).
- Afdhal, A. (2024). PERAN BANK SAMPAH DALAM MEMPERKUAT EKONOMI LOKAL DAN MEMBANGUN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN. *Saskara : Indonesian Journal of Society Studies*, 4(1), 134–154. <https://doi.org/10.21009/Saskara.041.03>
- Al Rashid, A., & Koç, M. (2024). Additive manufacturing for sustainability, circularity and zero-waste: 3DP products from waste plastic bottles. *Composites Part C: Open Access*, 14, 100463. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2024.100463>
- Andreani, S., Ariansyah, A., & Barnianto, A. (2024). Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Dokumen Tagihan Pada PT. Subur Sedaya Maju Berbasis Web. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 1362–1367. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14062>
- Ariefahnoor, D., Hasanah, N., Surya, A., Program, D., Manajemen, S., Fekon, U. I., Kalimantan, M., Sipil, S. T., Fatek, U., Islam, K., Mab, J., Adhyaksa, N., & Selatan, K. (2020). PENGELOLAAN SAMPAH DESA GUDANG TENGAH MELALUI MANAJEMEN BANK SAMPAH (Vol. 3, Issue 1).
- Ayu Syahfitri. (2025). Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains Dan Informatika*, 3(1), 113–120. <https://doi.org/10.61132/uranus.v3i1.667>
- Colia, R. S., Miguna Astuti, & Marlina, M. (2022). MANAJEMEN PENGELOLAAN BANK SAMPAH BERBASIS SOCIOPRENEUR DALAM RANGKA MENINGKATKAN EKONOMI KELUARGA DI WILAYAH LIMO DEPOK. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 2(4), 493–502. <https://doi.org/10.53769/jai.v2i4.333>
- Denih, A., Matsumoto, T., Rachman, I., Putra, G. R., Anggraeni, I., Kurnia, E., Suhendar, E., & Simamora, A. M. (2025). Identification of plastic waste with unmanned aerial vehicle (UAV) using deep learning and internet of things (IoT). *Journal of Hazardous Materials Advances*, 18, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2025.100622>
- Fitriani, S., Astuti, A. Y., Dahlan Kampus, A., Ringroad, J., Tamanan, S., & Bantul, B. (2021). PEMETAAN JARINGAN SAMPAH PLASTIK DI KOTA YOGYAKARTA. XV(1), 73–79.
- Ikhsanudin, M. (2022). APLIKASI PENJUALAN SPAREPART MOTOR PADA TOKO MN MOTOR BERBASIS WEBSITE. *JURNAL COMASIE*, 6(2), 71–79. <https://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/comasiejournal/article/view/4750>
- Isnawaty, I., Subardin, S., & Normawan, L. L. (2022). Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Menggunakan Metode Haversine Formula. *Digital Transformation Technology*, 2(2), 35–44. <https://doi.org/10.47709/digitech.v2i2.1803>
- Khalil, F. I., Abdullah, S. H., Sumarsono, J., Priyati, A., & Setiawati, D. A. (2021). PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI MEDIA HIDROPONIK DI DESA KEDIRI KECAMATAN KEDIRI KABUPATEN LOMBOK BARAT. *Jurnal Ilmiah Abdi Mas TPB Unram*, 3(1). <https://doi.org/10.29303/amtpb.v3i1.65>
- Kurniati, L. (2021). Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem. In *Journal of Software Engineering Ampera* (Vol. 2, Issue 1). <https://journal-computing.org/index.php/journal-sea/index>
- Kusuma, Y. A., & Sudarni, D. H. A. (2022a). Pengenalan Jenis Botol Plastik Berdasarkan Peruntukannya dalam Aktivitas Keseharian. *REKA KARYA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 215–222. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekakarya/article/view/7739/0>
- Kusuma, Y. A., & Sudarni, D. H. A. (2022b). Pengenalan Jenis Botol Plastik Berdasarkan Peruntukannya dalam Aktivitas Keseharian. *REKA KARYA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1, 215–222. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekakarya/article/view/7739/0>
- Liu, R., Liao, Z., Zheng, J., Wu, X., Tan, Z., & Ou, H. (2024). Characterizing the photodegradation-induced release of volatile organic compounds from bottled water containers. *Eco-Environment & Health*, 3(2), 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.eehl.2024.01.005>

- Masruroh. (2021). Bank Sampah Solusi Mengurangi Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Masyarakat Madani V*, 48–69. <https://media.neliti.com/media/publications/128691-ID-pengelolaan-sampah-berbasis-zero-waste-s.pdf>
- Maulana, D. I., & Susandi, D. (2021). *Rancang Bangun Aplikasi Silase Pakan Ternak Domba Berbasis Android*.
- Mehmood, T., Peng, L., Salam, A., Prakash, J., & Haider, M. (2023). Neglected atmospheric microplastic pollution in South Asia reflects a wider failure. *Ecological Informatics*, 73, 101949. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101949>
- Muhammad Nizar Arvila Putra, Nadia Ardyta Zahrani, Tsabita Az Zahra, Berliana Clara Bella, Arsyah Ghaniyyah Hariyadi, Dhea Salsa Fadhila, Sunny Akrom Al Abiyyu, Rahma Rini Khalisa Firdausi, Marchiko Naufal Justicio, Ahmad Kamalul Albar, & Pandu Firmansyah. (2024a). Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan. *Aktivisme: Jurnal Ilmu Pendidikan, Politik Dan Sosial Indonesia*, 2(1), 154–165. <https://doi.org/10.62383/aktivisme.v2i1.725>
- Muhammad Nizar Arvila Putra, Nadia Ardyta Zahrani, Tsabita Az Zahra, Berliana Clara Bella, Arsyah Ghaniyyah Hariyadi, Dhea Salsa Fadhila, Sunny Akrom Al Abiyyu, Rahma Rini Khalisa Firdausi, Marchiko Naufal Justicio, Ahmad Kamalul Albar, & Pandu Firmansyah. (2024b). Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan. *Aktivisme: Jurnal Ilmu Pendidikan, Politik Dan Sosial Indonesia*, 2(1), 154–165. <https://doi.org/10.62383/aktivisme.v2i1.725>
- Muhammad Nizar Arvila Putra, Nadia Ardyta Zahrani, Tsabita Az Zahra, Berliana Clara Bella, Arsyah Ghaniyyah Hariyadi, Dhea Salsa Fadhila, Sunny Akrom Al Abiyyu, Rahma Rini Khalisa Firdausi, Marchiko Naufal Justicio, Ahmad Kamalul Albar, & Pandu Firmansyah. (2024c). Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan. *Aktivisme: Jurnal Ilmu Pendidikan, Politik Dan Sosial Indonesia*, 2(1), 154–165. <https://doi.org/10.62383/aktivisme.v2i1.725>
- Muliyadi, M., Purwanto, P., Sumiyati, S., Budiyono, B., Sudarno, S., & Warsito, B. (2025). Kinetika Degradasi Air Limbah Menggunakan Media Tutup Botol Plastik PET dengan Reaktor Aerobik MBBR. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 59–67. <https://doi.org/10.14710/jkli.24.1.59-67>
- Nofiyanti, E., Salman, N., Nurjanah, N., Mellyanawaty, M., Nurfadhillah, T., Studi, P., Lingkungan, T., & Teknik, F. (n.d.). *JAMAICA: Jurnal Abdi Masyarakat Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang PELATIHAN DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK MENJADI SOUVENIR RAMAH LINGKUNGAN DI KABUPATEN TASIKMALAYA*.
- Pires, L. M., Figueiredo, J., Martins, R., & Martins, J. (2025). IoT-Enabled Real-Time Monitoring of Urban Garbage Levels Using Time-of-Flight Sensing Technology. *Sensors*, 25(7), 2152. <https://doi.org/10.3390/s25072152>
- Plakas, G., Ponis, S. T., Agalinos, K., & Aretoulaki, E. (2020). Reverse Logistics of End-of-Life Plastics Using Industrial IoT and LPWAN Technologies – A Proposed Solution for the Bottled Water Industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1680–1687. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.234>
- Pramana, E. B., & Hidayatullah, A. (n.d.). *PERANCANGAN SISTEM INFORMASI MONITORING PROYEK BERBASIS WEB UNTUK Mendukung Implementasi Paperless Office*. <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- Safitri Situmorang, M., Sari Damanik, A., & Darmansyah, T. (2025). Efektivitas Monitoring dan Evaluasi dalam Implementasi Kebijakan Pendidikan: Pendekatan dan Tantangan. *Bahasa Dan Matematika*, 3(1), 152–161. <https://doi.org/10.61132/arjuna.v3i1.1486>
- Sandi, G. H., & Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Issue 1).
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Izdhihar, M., Wahyudi, B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). INTERNET OF THINGS. In *Karimah Tauhid* (Vol. 1).
- Sipe, J. M., Bossa, N., Berger, W., von Windheim, N., Gall, K., & Wiesner, M. R. (2022). From bottle to microplastics: Can we estimate how our plastic products are breaking down? *Science of The Total Environment*, 814, 152460. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152460>

- Sukmaniar, Saputra, W., Hermansyah, M. H., & Anggraini, P. (2023). *Bank Sampah Sebagai Upaya Pengelolaan Sampah di Perkotaan* (Vol. 1, Issue 2). <http://journal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/esjo>
- Sukmaniar, Wahyu Saputra, Muhammad Hapiz Hermansyah, & Anggraini, P. (2023). Bank Sampah Sebagai Upaya Pengelolaan Sampah Di Perkotaan. *Environmental Science Journal (Esjo) : Jurnal Ilmu Lingkungan*, 61–67. <https://doi.org/10.31851/esjo.v1i2.11960>
- Syafril Fachri Pane, Wahyu Kurnia Sari, & Zanwar Arif Wicaksono. (2020). *Membuat Aplikasi Pengolahan Data Administrasi Barang Menggunakan Aplikasi Apex Online*. Kreatif.
- Wardana, E., Apsari, C., Afrianaa, A., Sapar, S., & Samsinar, S. (2023). Peningkatan Kreativitas Masyarakat dalam Mengolah Limbah Sedotan Plastik Menjadi Tempat Tissue. *ADMA : Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4(1), 255–262. <https://doi.org/10.30812/adma.v4i1.2891>
- Xie, S., Wu, H., Mao, W., Chu, X., Meng, Y., & Yang, X. (2025). Study on efficient recognition and accurate localization method of waste plastic bottles based on deep learning. *Ecological Informatics*, 86, 103020. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103020>