

RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH ORGANIK DAN NON ORGANIK BERBASIS IOT DAN MOBILE APPLICATION

Somantri¹, Indra Yustiana², Lutvita Dwi Iklima³, Hendra Handoko Syahputra⁴

^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Teknik Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra

⁴ Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia

e-mail: somantri@nusaputra.ac.id¹, indra.yustiana@nusaputra.ac.id²
lutvita.dwi_ti19@nusaputra.ac.id³, hendra_pa1000@unprimdn.ac.id⁴

Abstrak

Sampah merupakan masalah besar bagi keberlangsungan hidup manusia dan lingkungan. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah pengelolaan sampah di lingkungan sekolah. Pengelolaan sampah organik dan anorganik yang efektif dan efisien merupakan aspek penting dalam menjaga kebersihan dan keberlanjutan lingkungan. Dalam rangka mengatasi tantangan ini, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem tempat sampah berbasis Internet of Things (IoT) dan aplikasi mobile yang dapat meningkatkan pengelolaan sampah organik dan anorganik. Penelitian ini mengadopsi pendekatan pengembangan perangkat lunak dengan langkah-langkah analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan evaluasi. Sistem yang dikembangkan menggunakan teknologi IoT untuk memantau dan mengumpulkan data secara real-time dari tempat sampah. Data yang dikumpulkan meliputi informasi tentang tingkat pengisian, jenis sampah (organik atau anorganik), dan lokasi geografis tempat sampah. Selain itu, aplikasi mobile dikembangkan sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan masyarakat untuk melaporkan tempat sampah yang penuh dan mendapatkan informasi terkait pengelolaan sampah. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat dengan mudah melihat lokasi tempat sampah terdekat, jenis sampah yang diterima di setiap tempat sampah, serta mengirimkan laporan tentang tempat sampah yang sudah penuh atau membutuhkan perhatian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi sistem tempat sampah berbasis IoT dan Aplikasi Mobile dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Dengan adanya pemantauan secara real-time, pengelola sampah dapat mengoptimalkan proses pengumpulan sampah dengan mengirimkan petugas hanya saat tempat sampah mencapai tingkat pengisian yang optimal. Selain itu, partisipasi masyarakat dalam melaporkan tempat sampah penuh dapat membantu pengelola dalam merespon dengan cepat dan efektif.

Kata kunci: tempat sampah, IoT, aplikasi mobile, sampah organik, sampah anorganik

Abstract

Garbage is a big problem for the survival of humans and the environment. Therefore to overcome the problem of waste management in the school environment. Effective and efficient management of organic and inorganic waste is an important aspect in maintaining environmental cleanliness and sustainability. In order to overcome this challenge, this study aims to implement an Internet of Things (IoT) based trash system and mobile application that can improve organic and inorganic waste management. This research adopts a software development approach with the steps of needs analysis, system design, implementation, and evaluation. The developed system uses IoT technology to monitor and collect data in real-time from the trash. The data collected includes information on the level of filling, type of waste (organic or inorganic), and geographical location of the waste bins. In addition, a mobile application was developed as a user interface that allows the public to report full trash bins and get information related to waste management. Through this application, users can easily see the location of the nearest trash can, the type of waste received at each trash can, and send reports about trash cans that are full or need attention. The results of the study show that the implementation of an IoT-based trash can system and a mobile application can increase the efficiency of waste management. With real-time monitoring, waste managers can optimize the waste collection process by sending officers only when the bin reaches the optimal fill level. In addition, community participation in reporting full trash bins can help managers respond quickly and effectively.

Keywords: Trash bin, IoT, mobile application, organic waste, inorganic waste

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat merambah ke setiap aspek kehidupan membuat masyarakat harus melihat teknologi. Dengan teknologi dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan sampah. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah *Internet of Things (IoT)* dan aplikasi mobile[1]. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi pendorong bagi manusia untuk aktif berupaya menangani permasalahan yang muncul di sekitarnya[2]. Keinginan manusia sebagai makhluk hidup adalah untuk memiliki lingkungan yang terlihat bersih dan indah, termasuk di dalamnya kebersihan lingkungan[3]. Banyak orang yang kurang menyadari pentingnya kepedulian terhadap kebersihan lingkungan di sekitarnya, hal ini terlihat dari banyaknya sampah yang tersebar.[4]

Permasalahan sampah semakin mengalami peningkatan di berbagai belahan dunia, terutama di perkotaan yang padat penduduk[5]. Apabila sampah organik dan non-organik tidak dikelola secara efektif, dampaknya bisa menyebabkan pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, bahkan berpotensi menimbulkan bencana alam. [6]. Sampah organik merupakan kategori sampah yang berasal dari berbagai sumber kehidupan, termasuk manusia, tumbuhan, dan hewan[7]. Sampah organik umumnya masih memiliki nilai dan dapat dimanfaatkan apabila dikelola dengan prosedur yang tepat, sedangkan sampah anorganik merupakan jenis sampah yang sulit untuk terurai secara alami[8]. Tidak sama dengan sampah organik, sampah ini umumnya tidak berasal dari organisme hidup. Sampah anorganik merujuk pada jenis sampah yang terdiri dari bahan bukan hayati, termasuk produk sintesis dan hasil dari proses teknologi yang melibatkan pengolahan bahan tambang[9]. Oleh karena itu, pengelolaan sampah yang efektif dan efisien sangat penting untuk menjaga lingkungan dan kesehatan manusia, dalam mengoptimalkan pengelolaan sampah adalah dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan aplikasi seluler/Aplikasi Mobile[10]. bergerak seperti ponsel[11]. Dengan memanfaatkan teknologi IoT dan Aplikasi Mobile pengelola sampah dapat memantau dan mengelola tempat sampah secara lebih efektif dan efisien, mengurangi biaya operasional, serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat[12]. Salah satu penerapannya adalah tempat sampah otomatis yang dapat terbuka tanpa perlu disentuh menggunakan tangan, hal ini mempermudah tugas manusia dalam membuang sampah dan mencegah bakteri berbahaya dan virus masuk ke dalam tubuh manusia. Tempat sampah ini dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi apakah sampah yang akan dibuang adalah organik atau anorganik. Ketika sampah didekatkan ke sensor, tempat sampah akan melakukan validasi untuk memastikan jenis sampah yang dibuang. Jika tidak sesuai dengan jenis sampah yang seharusnya, tempat sampah tidak akan terbuka secara otomatis[13]. Berdasarkan permasalahan yang ada, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan tempat sampah yang mampu membedakan antara sampah organik dan non-organik secara otomatis melalui penggunaan metode prototipe. Dengan adanya tempat sampah cerdas ini, diharapkan dapat membantu menjaga kebersihan lingkungan agar tidak tercemar oleh tumpukan sampah yang dapat menyebabkan penyakit serta mengedukasi masyarakat dalam pemilahan sampah.

2. METODE PENELITIAN

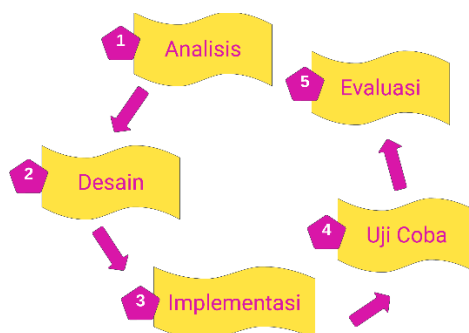
2.1. Metode Pengumpulan Data

Metode Pengumpulan data yang digunakan penulis yaitu metode kualitatif dimana alurnya pengumpulan data menggunakan beberapa cara, diantaranya:

- a. Observasi
Dengan melakukan pengamatan langsung ke beberapa wilayah lingkungan masyarakat yang ada di Kecamatan Parakansalak diantaranya yaitu, Kp. Bantarmuncang RT 001/ RW 002, Kp. Cisarandi RT 001/ RW 001, dan Kp. Pajagan RT 002/ RW 003 dengan melihat permasalahan yang ada disana untuk memperkuat proses penelitian.
- b. Wawancara
Melakukan wawancara langsung dengan masyarakat setempat terutama kepada para ketua RT Kampung Bantarmuncang, Kampung Cisarandi, dan Kampung Pajagan mengenai permasalahan sampah yang ada disana. Hasil wawancara didapatkan permasalahan yang sama yaitu sering sekali membuang sampah tidak pada tempatnya dan masyarakat banyak yang masih memasukkan sampah tidak sesuai dengan jenis sampahnya.
- c. Studi Pustaka
Dalam proses pembuatan sistem ini, penulis melakukan studi pustaka sebagai tambahan untuk mendapatkan informasi yang relevan. Informasi tersebut diperoleh melalui pencarian jurnal yang berkaitan dengan topik yang dibutuhkan sebagai referensi dalam penulisan ini.

2.2. Model Pengembangan Sistem

Metode yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah *Prototyping*, yang merupakan suatu pendekatan siklus hidup sistem yang didasarkan pada konsep model kerja. Tujuan utamanya adalah mengembangkan model menjadi sistem akhir. Tahapan yang terdapat dalam pembuatan *prototyping* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur metode prototype

- a. Analisis
Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk memahami permasalahan yang ada dan mengumpulkan data yang diperlukan dalam pembuatan tempat sampah untuk mengelola sampah organik dan non-organik berbasis IoT dan mobile apps, peneliti memperoleh melalui wawancara terhadap masyarakat (Ketua RT) yang ada di Kampung Bantarmuncang, Kampung Cisarandi, dan Kampung Pajagan.
- b. Desain Sistem
Tahap ini memiliki tujuan untuk memberikan bantuan dalam menentukan komponen perangkat keras serta membantu dalam mendefinisikan skema perancangan sistem, desain perangkat, diagram, serta merencanakan sistem secara keseluruhan.

c. Implementasi

Setelah desain telah dibuat, pengembang dapat mulai melakukan implementasi dengan memilih teknologi dan alat yang paling cocok untuk membangun prototype ini. Pada tahap ini, pengembang juga perlu memastikan bahwa prototype dapat berintegrasi dengan teknologi IoT dan aplikasi mobile.

d. Uji Coba

Pada tahap ini, pengembang perlu melakukan uji coba untuk memastikan bahwa tempat sampah berfungsi dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengguna. Pada tahap ini pengujian dilakukan dengan metode *black box* yaitu menguji fungsionalitas (fungsi komponen) dan pengujian kinerja terhadap sistem yang telah di buat.

e. Evaluasi

Dalam tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap Tempat Sampah Organik dan Anorganik yang berbasis IoT dan aplikasi mobile, untuk menilai apakah telah mencapai harapan yang diinginkan atau belum. Jika masih terdapat kesalahan, maka akan dilakukan perbaikan pada tahap ini.

2.3. Pengujian Sistem

Pada Penelitian ini pengujian dilakukan dalam dua kali pengujian yaitu pengujian pada perangkat dan sensor-sensor yang dipakai serta pengujian black box pada aplikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, peneliti akan menjelaskan tentang analisis dan perancangan sistem untuk Tempat Sampah Organik dan Non-organik yang berbasis *Internet of Things* (IoT) dan Aplikasi Mobile. Metode yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah metode prototipe yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada bab ini, akan dibahas langkah-langkah dalam pengembangan sistem menggunakan metode prototipe, yang dimulai dari:

3.1 Analisis Kebutuhan

3.1.1 Kebutuhan *Hardware*

Hardware merupakan suatu perangkat keras yang di butuhkan untuk melengkapi dalam penelitian ini, yang mana hardware yang dibutuhkan adalah :

Tabel 1. Kebutuhan *Hardware*

Nama <i>Hardware</i>	Spesifikasi
Mikrokontroler	NodeMcu8266
Processor	AMD A4-9125 RADEON R3
Perangkat Mobile	Asus Zenfone Max Pro M1
Hard disk	SSD 256 GB
RAM	8 GB
Solder	-

3.1.2 Kebutuhan *Software*

Software merupakan suatu perangkat lunak yang di gunakan dalam membantu dalam proses pembuatan suatu alat dan aplikasi. Berikut adalah kebutuhan software yang digunakan pada penelitian ini adalah:

Tabel 2. Kebutuhan *Software*

Nama <i>Software</i>	Keterangan
VsCode	aplikasi code editor untuk membantu proses pengembangan sebuah aplikasi
Arduino IDE	Software yang digunakan untuk memprogram papan atau board Arduino
Google Chrome	Browser

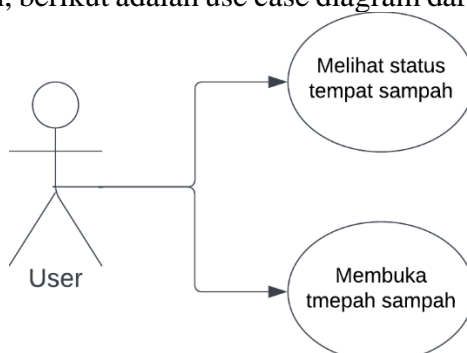
3.2 Perancangan Sistem

Perancangan adalah aktivitas dalam proses konstruksi sebuah alat. Dalam pembuatan prototipe, perancangan didefinisikan sebagai langkah sementara dalam pembuatan sistem sebelum diubah menjadi bentuk pemrograman. Pada tahap ini, juga akan dibuat sebuah proses perancangan yang terdiri dari alur langkah-langkah dalam membangun Tempat Sampah Organik dan Non-Organik menggunakan *Internet of Things* (IoT) dan Aplikasi Mobile.

3.2.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram merupakan visualisasi interaksi yang terjadi antara user dengan aplikasi dimana pengguna melakukan serangkaian kegiatan untuk kebutuhan yang diperlukan.

Pada *use case diagram* ini terdiri dari *user* yang akan melakukan sebuah alur tindakan dimulai dari *user* membuka aplikasi, kemudian akan muncul sebuah tampilan yang menampilkan tingkat *volume* di kedua sampah baik organik maupun anorganik dan user perlu melakukan konfigurasi pada menu “*gear*” setelah itu *user* dapat membuka tempat sampah dengan cara menempelkan sampah baik organik ataupun anorganik kedalam sensor tempat sampah setelah itu sampah akan terbuka sesuai dengan jenis sampah yang telah di scan, berikut adalah use case diagram dari perancangan yang dibuat:



Gambar 2. *Use case diagram*

Tabel 3. *Use Case Scenario* melihat status tempat sampah

<i>Use Case Scenario</i> melihat tempat status tempat sampah	
Nama <i>use case</i>	Melihat status tempat sampah
Deskripsi	Pengguna dapat melihat melihat status tempat sampah yang ada pada home screen aplikasi
Kondisi awal	Pengguna belum membuka aplikasi
Kondisi Akhir	Pengguna dapat melihat kondisi tempat sampah secara real time
<i>Use Case Scenario</i> melihat tempat status tempat sampah	

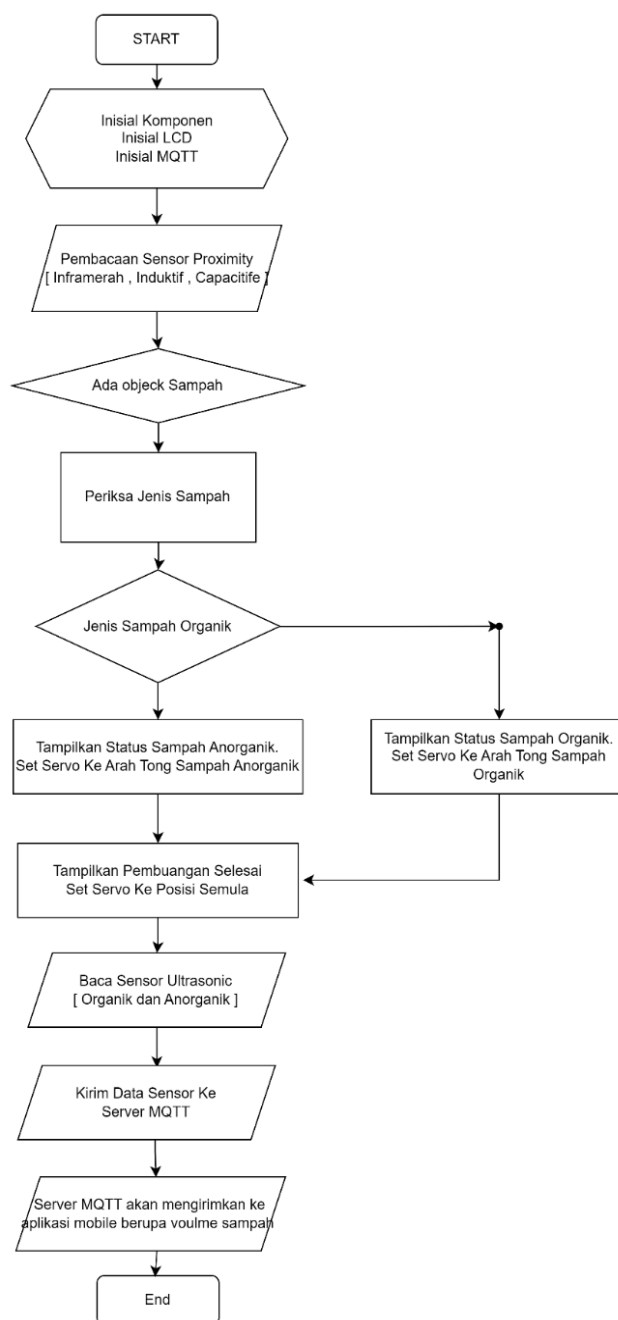
1. Pengguna Membuka aplikasi	
	2. Aplikasi menampilkan <i>home screen</i> berupa status tempat sampah tetapi dalam keadaan <i>offline</i>
3. Pengguna melakukan pengelolaan pada menu setting untuk menghubungkan ke server	
	4. Sistem akan menampilkan bahwa aplikasi telah terhubung ke server
5. Pengguna kembali ke tampilan awal atau <i>home screen</i>	
	6. Sistem sampah akan menampilkan jumlah <i>volume</i> sampah berdasarkan persentase kenaikan sesuai dengan sampah yang ada pada masing masing tempat sampah

Tabel 4. *Use Case Scenario* membuka tempat sampah

<i>Use Case Scenario</i> melihat membuka tempat sampah	
Nama <i>use case</i>	Membuka tempat sampah
Deskripsi	Pengguna dapat membuka tempat sampah berdasarkan jenis sampah yang akan di buang
Kondisi awal	Pengguna belum melakukan scanning sampah ke sensor
Kondisi Akhir	Tempat sampah akan terbuka berdasarkan jenis sampah yang di scan
<i>Use Case Scenario</i> membuka tempat sampah	
1. Pengguna menghidupkan tempat sampah	
	2. Pengguna sudah melakukan koneksi dengan aplikasi android
3. Pengguna melakukan scanning sampah ke sensor iot	
	4. Tempat akan terbuka sesuai dengan jenis sampah yang di scanning sebelumnya.

3.2.2 *Flowchart* Sistem

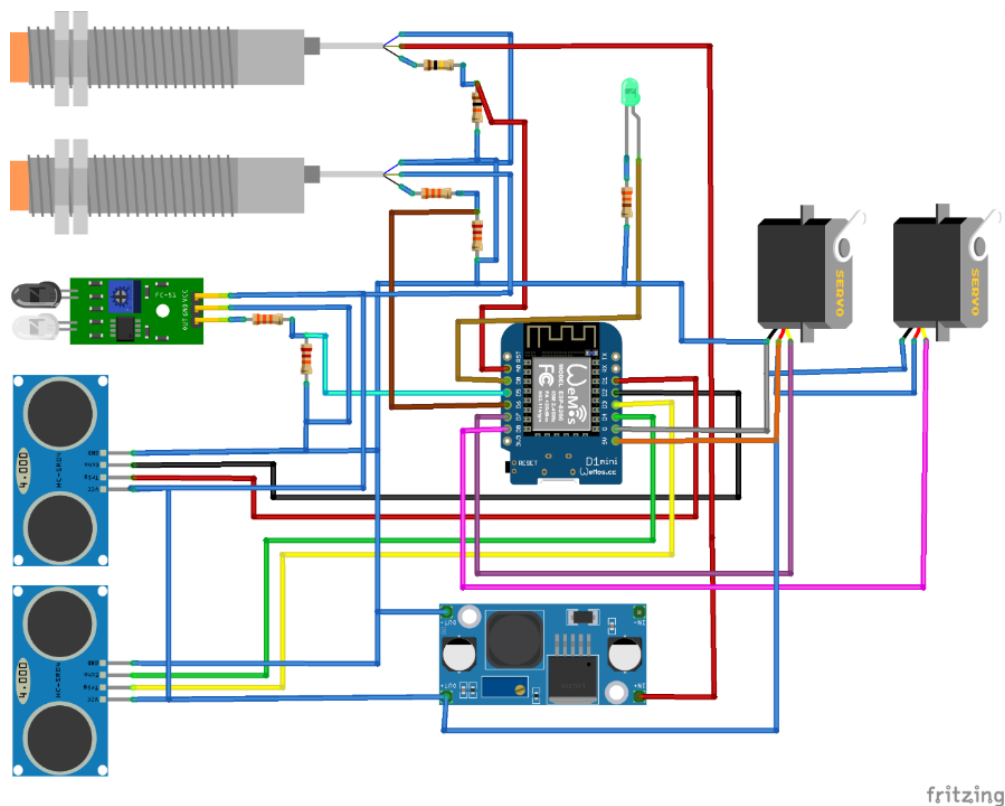
Flowchart sistem sangat berguna dalam menganalisis, merancang, dan mengkomunikasikan proses bisnis atau sistem informasi, serta mengidentifikasi potensi masalah atau perbaikan yang dapat dilakukan dalam sistem tersebut.



Gambar 3. Flowchart sistem

3.2.3 Skematik Perangkat

Skematik sistem dibuat untuk memudahkan dalam perancangan dan pembuatan diagram teknis dari perangkat IoT yang akan dibuat, pada pembuatan skematik terdapat beberapa sensor dan modul yang digunakan, dijelaskan pada gambar dan tabek dibawah ini.



Gambar 4. Skematik alat

Tabel 5. Pin Wemos D1 mini

Wemos D1 Mini pin	Nama alat	Pin alat
D1	Sensor Ultrasonik 1	Trigger pin
D2	Sensor Ultrasonik 1	Echo pin
D3	Sensor Ultrasonik 2	Trigger pin
D4	Sensor Ultrasonik 2	Echo pin
D5	Sensor Infrared	Out Pin
D6	Sensor Kapasitif	Blue Pin
D7	Motor Servo 1	PWM Pin
D8	Motor Servo 2	PWM Pin
A1	Sensor Induktif	Blue Pin

3.2.4. User Interface

User interface merupakan suatu desain antar muka antara manusia dan komputer untuk membantu dalam suatu proses kegiatan. Berikut adalah *wireframe* secara *low fidelit* dari aplikasi yang akan di rancang :



Gambar 5. *User interface*

Aplikasi ini dibangun menggunakan kebutuhan yang sebelumnya telah di rancang yaitu menampilkan volume sampah organic dan an organic. Dalam tahap ini penulis menggunakan library MIT yang nantinya akan digunakan juga dalam program Arduino

3.2.1 Pengembangan Alat

Pada tahap ini merupakan implementasi rangkaian dari gambar sekematik diagram. Untuk hasil rangkaian alat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 6. Implementasi alat

3.3 Pengujian Sistem dan Alat

Setelah menyelesaikan pembuatan dan pemasangan alat, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk memastikan apakah alat tersebut berfungsi dengan baik atau tidak. Penulis melakukan serangkaian pengujian sebagai berikut untuk mengevaluasi kinerja alat tersebut:

3.3.1 Uji Fungsionalitas Sensor

Pengujian ini dilakukan terhadap sensor yang digunakan untuk membedakan sampah organik dan anorganik. Pada pengujian ini diujikan sebanyak 10 jenis sampah

masing-masing 5 kali percobaan. Sampah yang digunakan, antara lain tisu, dawn, dan kertas untuk sampah organik, serta penggaris, plastic, handphone, dan besi untuk sampah anorganik. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sensor akan membaca jenis sampah dan setelah membaca jenis sampah maka sensor akan membuka tutup sampah berdasarkan jenis sampah yang dibaca sebelumnya. Catatan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 Menunjukkan Sesuai (S) dan Tidak Sesuai (TS) saat sampah dimasukkan ke alat.


Tabel 5 Pengujian Fungsionalis Sensor

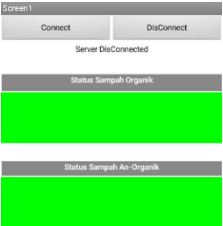
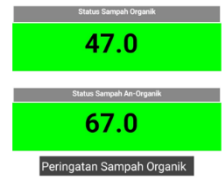
Nomor Test	Sampah Organik			Sampah An organik		
	Daun Kelapa	Serabut Kelapa	Buah Kelapa	Pelastik	Kaleng	Seterofom
1	S	S	S	S	S	S
2	S	S	S	S	S	S
3	TS	S	S	S	S	S
4	S	TS	S	S	S	S
5	S	S	S	S	S	S
6	S	TS	S	S	S	S
7	S	S	S	S	S	S
8	S	S	S	S	S	S
9	S	S	S	S	S	S
10	S	S	S	S	S	S

3.3.2 Uji Fungsionalitas Sensor

Untuk memastikan mobile application bekerja sesuai dengan requirement yang di butuhkan maka dilakukan pengujian menggunakan black box testing. Pada penelitian kali ini penulis berfokus melakukan pengujian terhadap fungsi fungsi tombol yang ada pada aplikasi. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian yang penulis lakukan.

Tabel 6 *Black Box Testing*

No	Skenario Pengujian	Kasus yang diharapkan	Hasil yang diharapkan	Gambar	Ket
1	Menampilkan notifikasi status pada aplikasi mobile	Ketika sampah masuk maka akan muncul notifikasi	Aplikasi akan menampilkan notifikasi bila ada sampah yang masuk dan keluar		Sesuai

2	Menampilkan halaman homepage	Ketika aplikasi dibuka maka halaman homepage akan terbuka	Aplikasi akan menampilkan halaman homepage		Sesuai
3	Pengiriman data dari alat ke mtqq dan ke aplikasi mobile	Ketika alat sampah mendeteksi akan mengirimkan data	Aplikasi akan menampilkan data sesuai dengan yang di kirim mtqq		Sesuai

3.3.3 Pengujian Aplikasi

Untuk memastikan fungsi volume sampah berjalan dengan normal maka diperlukan uji coba pada sistem tersebut dengan memasukkan beberapa sampah sehingga diharapkan volume sampah akan meningkat pada aplikasi sesuai dengan sampah yang masuk kedalam tong sampah. Berikut hasil pengujianannya :

Tabel 7 Pengujian volume aplikasi

No	Volume	Waktu Tampil Aplikasi	Jenis Tempat Sampah
1	Sampah masuk	10 detik	Organik
2	Sampah masuk	5 Detik	An Organik
3	Sampah keluar	4 Detik	Organik
4	Sampah keluar	3 Detik	An Organik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan tempah sampah pintar yang dapat membedakan sampah organic dan an organic berbasis IoT serta mobile. Berdasarkan hasil pengujian perangkat tempat sampah, 80% sudah berhasil mengenali jenis sampahnya dan masuk ke dalam tempat yang semestinya (organic dan anorganik), adapun kegagalan dalam pengenalan beberapa sampah diantaranya dari sampah organic berupa daun dan serabut kelapa mengalami kesalahan pembacaan scanning sensornya yang seharusnya masuk ke tempat organik namun masuk keanorganik, hal ini dikarenakan karena kualitas sensor yang kurang begitu baik. Dari pengujian aplikasi untuk membaca volume sampah yang ada pada tempat sampah telah berhasil membaca volume sampah sesuai dengan volume sampah yang ada pada setiap tempat sampah organik dan anorganik dan berhasil mengirimkan notifikasi pada aplikasi ketika volume sampah sudah lebih dari 80%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Fatmawati, E. Sabna, Y. Irawan, T. Informatika, and S. Hang Tuah Pekanbaru, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino.”
- [2] M. Iqbal Ardimansyah and R. Muhammad, “Rancang Bangun Prototipe Klasifikasi Sampah Otomatis Dengan Sensor Proximity Dan Linear Rail Slider Box Berbasis Mikrokontroler Arduino Di Lingkungan UPI Kampus Cibiru,” 2020.
- [3] D. Nusyirwan, “Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah,” *Jurnal Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, p. 48, Jan. 2020, doi: 10.33365/jti.v14i1.336.
- [4] C. R. Hidayat and F. D. Syahrani, “Perancangan Sistem Kontrol Arduino Pada Tempat Sampah Menggunakan Sensor Pir Dan Sensor Ultrasonik Design Of Control System On The Trash Using The Arduinosensor Pir And Ultrasonic Sensors”.
- [5] A. Hanafie, S. Sukirman, K. Karmila, and M. E. Putri, “Pengembangan Tempat Sampah Cerdas Berbasis Internet Of Things (Iot) Studi Kasus Fakultas Teknik Uim,” *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 16, no. 1, pp. 34–39, May 2021, doi: 10.47398/iltek.v16i1.589.
- [6] Y. Bowo Widodo, T. Sutabri, and L. Faturahman, “Tempat Sampah Pintar Dengan Notifikasi Berbasis Iot,” 2019.
- [7] Febry Purnomo Aji, A. Solehudin, and C. Rozikin, “Implementasi Sensor Ultrasonik Dalam Mendeteksi Volume Limbah B3 Pada Tempat Sampah Berbasis Internet of Things,” *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 117–126, Dec. 2021, doi: 10.35316/jimi.v6i2.1306.
- [8] P. M. Anggraeni *et al.*, “Kontrol Pengereman Sepeda Listrik Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan Monitoring GPS,” *JITEKH*, vol. 10, no. 1, pp. 14–20, 2022.
- [9] K. Fatmawati, E. Sabna, Y. Irawan, T. Informatika, and S. Hang Tuah Pekanbaru, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino.”
- [10] Universitas Indonesia and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Design of Single Input Multiple Output Full Bridges DC-DC Converters For Personal Computer Power Supply*. 2019. Accessed: Mar. 13, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9074672/>
- [11] AISSMS Institute of Information Technology and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Optimizing Power Consumption for Solar Powered Rechargeable Lithium Ion (Li-ion) Battery Operated IoT Based Sensor Node Using WeMos D1 Mini*. 2020. Accessed: Mar. 13, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9167575>
- [12] K. Fatmawati, E. Sabna, Y. Irawan, T. Informatika, and S. Hang Tuah Pekanbaru, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino.”
- [13] H. Rahmayanti, V. Oktaviani, and Y. Syani, “The implementation of smart trash as smart environment concept,” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Dec. 2018. doi: 10.1051/e3sconf/20187406003.

- [14] R. Al, B. Universitas, I. Kalimantan, M. A. Al, and B. Banjarmasin, “Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan Internet Of Think (Iot) Pada Man Insan Cendekia Tanah Laut.”
- [15] R. Ahmad Ma and N. Hayati, “Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT,” *Jurnal Infomedia*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [16] A. Wafi, H. Setyawan, and S. Ariyani, “Prototipe Sistem Smart Trash Berbasis IOT (Internet Of Things) dengan Aplikasi Android,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 2, no. 1, pp. 20–29, Mar. 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3134.