

# PENERAPAN MODEL PROTOTIPE UNTUK SISTEM PENGELOLAAN TEMPAT SAMPAH PINTAR BERBASIS IOT DI LINGKUNGAN MASYARAKAT

Muhaimin<sup>1</sup>, Mufti<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

Email: <sup>1</sup>2311502021@budiluhur.ac.id, <sup>2\*</sup>mufti\_hayat@yahoo.com

(\* : *corresponding author*)

**Abstrak-** Latar belakang masalah yang diangkat adalah pengelolaan sampah yang semakin rumit dan tidak berjalan baik. Sementara, kebutuhan akan sistem pengelolaan tempat sampah yang lebih terpadu, akurat, dan dapat diakses secara *real-time* melalui *platform web*, tetapi belum sepenuhnya dijawab oleh penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian ini mengusulkan penerapan model prototipe untuk sistem pengelolaan tempat sampah pintar berbasis IoT di lingkungan masyarakat, bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dengan memantau dan mengelola sampah secara efektif. Metode penelitian menggunakan pendekatan model prototipe melalui tahapan pada analisis kebutuhan, pembuatan prototipe, dan pengujian sistem, dengan menggabungkan NodeMCU, sensor Ultrasonik, motor Servo, LCD, dan aplikasi *web*. Pengujian dilakukan selama tiga bulan pada tahun 2024, menggunakan data primer dari pengamatan langsung dan data sekunder dari studi literatur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengirim sinyal, menggerakkan motor Servo, dan menampilkan informasi dengan baik, meskipun ada satu kegagalan penggerak motor Servo yang menunjukkan perlu perbaikan kecil. Sensor Ultrasonik dapat mengukur tingkat kapasitas tempat sampah dengan akurat dan informasi tersebut dapat ditampilkan di LCD dan aplikasi *web*. Penelitian ini memberikan solusi praktis untuk pengelolaan sampah dan mendorong keterlibatan masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan, sekaligus memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi pengelolaan sampah pintar berbasis IoT.

**Kata Kunci:** NodeMCU, Ultrasonik, Servo, LCD, *Website*

## PROTOTYPE MODEL IMPLEMENTATION FOR SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM BASED ON IOT IN COMMUNITY ENVIRONMENT

**Abstract-** *The background to the problem raised is that waste management is increasingly complicated and not working properly. Meanwhile, the need for a more integrated, accurate, and real-time accessible waste management system through web platform has not been fully answered by previous studies. This study proposes the implementation of prototype model for IoT-based smart waste management system in community environment, which aims to improve waste management efficiency by monitoring and managing waste effectively. The research method uses a prototype model approach through stages of needs analysis, prototype creation, and system testing, by combining NodeMCU, Ultrasonic sensor, Servo motor, LCD, and web application. The test was conducted for three months in 2024, using primary data from direct observation and secondary data from literature studies. Test results showed that the system could send signals, drive Servo motor, and display information properly, although there was one Servo motor drive failure that indicated a need for minor repairs. Ultrasonic Sensor can measure the capacity level of the trash bin accurately and the information can be displayed on the LCD and web application. This research provides practical solutions for waste management and encourages community involvement in maintaining environmental cleanliness, while also making an important contribution to the development of IoT-based smart waste management technology.*

**Keywords:** *NodeMCU, Ultrasonic, Servo, LCD, Website*

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah di lingkungan masyarakat perkotaan menjadi semakin rumit seiring meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan ekonomi. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, dan terganggunya keindahan kota. Di era digital ini, masih banyak daerah yang mengandalkan sistem pengelolaan sampah tradisional yang tidak efektif dalam memantau tingkat kepenruhan tempat sampah. Akibatnya, terjadi penumpukan sampah di tempat sampah sebelum petugas kebersihan tiba. Dalam konteks inilah, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi

yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan sampah dengan memanfaatkan sensor pintar, sambungan internet, dan aplikasi digital untuk memantau kondisi tempat sampah secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan model prototipe sistem pengelolaan tempat sampah pintar berbasis IoT, yang dapat membantu memecahkan masalah pada pengelolaan sampah di lingkungan masyarakat secara lebih efektif dan efisien.

Penelitian mengenai sistem pengelolaan tempat sampah pintar berbasis IoT telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Muntasiroh dan Sumarno [1] menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Telegram Messenger untuk mengembangkan sistem pemantauan tempat sampah pintar, sementara Wahyudi dan Hardjianto [2] memanfaatkan Arduino Uno dalam sistem rancangan yang serupa. Namun, kedua studi ini terbatas dalam hal integrasi fitur dan skala uji coba yang hanya tertuju pada penggunaan sensor sederhana tanpa aplikasi *web* yang terhubung secara *real-time*. Penelitian lain dari Sutarti, Siswanto, dan Mulyanto [3], mendapatkan tingkat kesalahan pengukuran yang cukup tinggi, yaitu 39%, yang menandakan adanya kebutuhan untuk peningkatan akurasi sensor. Di sisi lain, penelitian oleh Cahyati dan Ramdhani [4] serta Wafi, Setyawan, dan Ariyani [5] berhasil mengembangkan aplikasi pemantauan berbasis Android, namun masih terbatas pada fitur dasar tanpa memperhatikan optimalisasi dalam pengelolaan dan pengumpulan sampah.

Lebih jauh lagi, penelitian yang lainnya oleh Febryanti, Wibowo, dan Zafia [6]; Aji, Solehudin, dan Rozikin [7]; serta Muliadi, Imran, dan Rasul [8] telah berupaya perpaduan berbagai komponen IoT, tetapi mereka belum mengoptimalkan jalur pengumpulan sampah untuk mengurangi biaya operasional dan belum sepenuhnya mengatasi masalah sambungan yang stabil. Penelitian lain oleh Nugroho dan Djaksana [9], serta Fatmawati, dkk.[10], berpusat pada pengembangan perangkat keras dan sensor, namun penerapannya masih terbatas pada skala kecil dan kurang mencakup integrasi sistem yang lebih rumit dengan aplikasi *web* untuk pemantauan dan pengelolaan secara menyeluruh. Oleh karena itu, *gap* penelitian yang ada adalah kebutuhan akan sistem pengelolaan tempat sampah pintar yang lebih terpadu, akurat, dan dapat diakses secara *real-time* melalui *platform web*, yang belum sepenuhnya dijawab oleh penelitian-penelitian sebelumnya.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Data Penelitian

Adapun sumber data penelitian dikumpulkan untuk melakukan uji hipotesis. Masa penelitian yang dilaksanakan akan dilakukan selama tiga bulan dari bulan April hingga sampai bulan Juni pada tahun 2024. Berikut ini terdapat tabel 1 berupa jenis data yang digunakan pada penelitian ini.

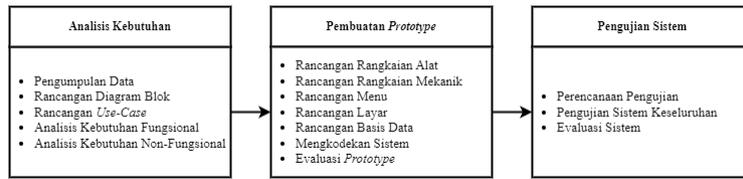
**Tabel 1.** Tabel Jenis Data Penelitian

Jenis Data	Sumber Data	Penjelasan
Data Primer	Pengamatan langsung di lapangan	Data ini diperoleh selama masa penelitian melalui pengamatan langsung terhadap kondisi tempat sampah dan lingkungan sekitarnya. Pengamatan dilakukan untuk menguji dan mengamati kinerja rancangan sistem pengelolaan tempat sampah, termasuk interaksi pengguna dan tanggap dari perangkat IoT.
Data Sekunder	Studi literatur dan metode perbandingan dari penelitian terdahulu	Data sekunder diperoleh dari rujukan pustaka, jurnal, dan penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik pengelolaan tempat sampah pintar berbasis IoT. Data ini digunakan untuk mendukung analisis dan memberikan perbandingan hasil dari penelitian yang telah ada serta untuk mengenalkan <i>gap</i> riset.

Keterangan dari tabel tersebut meliputi jenis data yang digunakan, komposisi dari sumber data, serta terdapat penjelasan yang dimaksud.

### 2.2 Penerapan Metode

*Prototype Model* digunakan sebagai pendekatan dalam penerapan pada sistem pengelolaan tempat sampah pintar tersebut. Gambar 1 di halaman berikutnya terdapat menunjukkan bagan tentang penerapan metode tersebut.

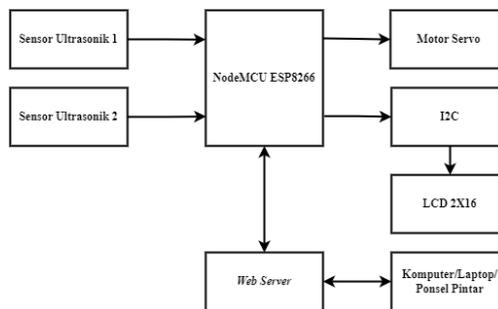


Gambar 1. Penerapan Model Prototipe

Berdasarkan Gambar 1 dari bagan tersebut yang diperlihatkan di atas, terdapat beberapa langkah dari penerapan metode ini, yaitu: analisis kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan oleh sistem dan pengguna; pembuatan *prototype* dengan merancang integrasi sistem; dan pengujian sistem untuk melakukan uji coba.

### 2.2.1 Rancangan Diagram Blok

Rancangan yang disajikan dalam sub-bagian ini menggambarkan struktur keseluruhan sistem pengelolaan tempat sampah pintar berbasis IoT. Berikut gambar 2 tentang rancangan yang dibuat dengan menggunakan diagram blok.

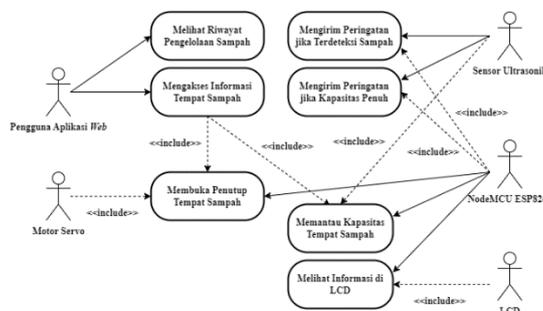


Gambar 2. Bagan Diagram Blok

Diagram ini menunjukkan perincian tahapan alur kerja utama dari sistem, dimulai dari memasukkan yang diterima oleh dua sensor ultrasonik, yang berfungsi mendeteksi objek sampah dan tingkat kapasitas tempat sampah. Sensor ini kemudian terhubung ke NodeMCU sebagai pusat kendali yang mengatur dan mengolah data yang diterima. Keluaran dari sistem ini ditampilkan melalui motor Servo yang menggerakkan tutup tempat sampah dan *Liquid Crystal Display* (LCD) yang menunjukkan informasi sampah. Selain itu, diagram blok ini juga mencakup penyambungan dengan *web server*, yang memungkinkan data dikirimkan dan diterima secara *real-time* melalui aplikasi *web*, sehingga pengelolaan dan pemantauan tempat sampah dapat dilakukan secara efisien dan efektif.

### 2.2.2 Rancangan Use-Case Diagram

Gambar *use-case diagram* yang ditampilkan dalam sub-bagian ini menggambarkan interaksi antara aktor-aktor utama dan sistem pengelolaan tempat sampah pintar berbasis IoT yang dirancang. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan diagram yang telah dirancang pada sistem tersebut.



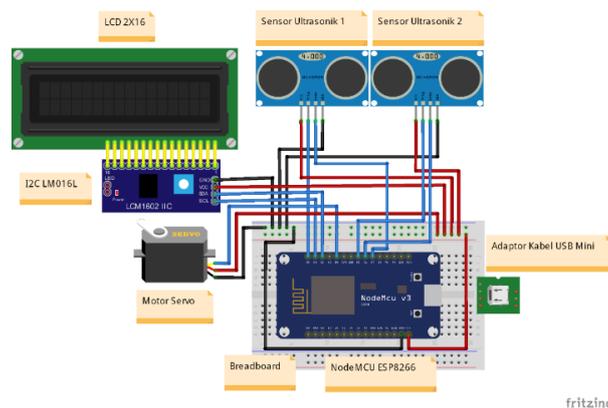
Gambar 3. Bagan Diagram Use-Case

Diagram Gambar 3 ini menggambarkan skenario penggunaan sistem, di mana aktor seperti petugas kebersihan dan administrator berinteraksi dengan berbagai fitur dalam sistem. Misalnya, dapat memantau status

tempat sampah melalui aplikasi *web* dapat dipantau oleh petugas kebersihan, menerima notifikasi ketika tempat sampah penuh, dan mengakses data riwayat untuk jarak pengumpulan sampah yang optimal. Sementara itu, administrator memiliki kemampuan untuk mengelola akun pengguna, memperbarui pengaturan sistem, dan memantau keseluruhan operasi secara *real-time*. Diagram ini membantu dalam memahami alur proses dan fungsi-fungsi yang disediakan oleh sistem, serta menjelaskan bagaimana setiap aktor berperan dalam pengelolaan tempat sampah pintar yang efisien.

### 2.2.3 Rancangan Rangkaian Alat

Rancangan rangkaian alat ini dibuat berupa skematik keseluruhan dengan bertujuan agar proses kinerja pada sistem tersebut berjalan baik. Gambar 4 merupakan rangkaian skematik yang telah dirancang sesuai rencana.



Gambar 4. Rangkaian Skematik

Dalam rangkaian ini, NodeMCU berperan sebagai pusat pengendali utama yang mengatur komunikasi antara semua komponen. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai alat masukan untuk mengukur tingkat kepenuhan tempat sampah dengan menghitung jarak antara sampah dan sensor. Data yang diperoleh dari sensor ini dikirimkan ke NodeMCU dan kemudian memproses informasi tersebut. Berdasarkan data yang diterima, NodeMCU mengirimkan sinyal ke motor servo, yang berguna untuk menggerakkan tutup tempat sampah secara otomatis ketika diperlukan. Selain itu, NodeMCU juga mengirimkan informasi ke *Liquid Crystal Display* (LCD), yang menampilkan status kepenuhan tempat sampah secara *real-time*. Rangkaian ini juga mencakup koneksi ke *web server*, memungkinkan pemantauan dan pengelolaan tempat sampah dari jarak jauh melalui aplikasi *web*.

### 2.2.4 Rancangan Rangkaian Mekanik

Rancangan ini menjelaskan tentang penggambaran sketsa bangunan pada kerangka alat. Adapun gambar 5 berupa gambaran dari rancangan pada sistem tersebut.



Gambar 5. Rangkaian Mekanik

Rangkaian mekanik pada sistem tersebut dirancang menggunakan aplikasi FreeCAD. Ukuran dimensi pada badan tempat sampah ini ialah: 15 cm untuk ukuran panjang; 12 cm untuk ukuran lebar ; dan 21 cm untuk ukuran tinggi, sedangkan ukuran dimensi pada tutup goyang ini ialah: 20 cm untuk ukuran panjang; 16 cm untuk ukuran lebar; dan 8 cm untuk ukuran tinggi. Semua komponen yang sudah terpasang telah dihubungkan dengan kabel *jumper*. Sistem akan menyala dengan kabel *adapter* USB sebagai catu daya.

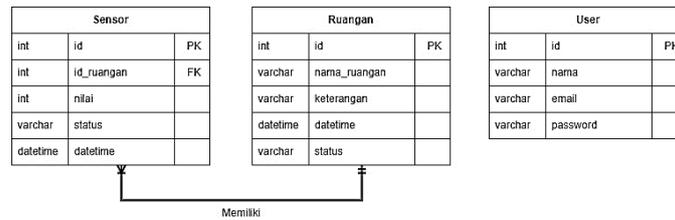
## 2.3 Perencanaan Pengujian

Rencana pengujian ini harus tersusun dengan cermat dan dilakukan secara bertahap untuk memastikan bahwa seluruh aspek dari hasil perwujudan *prototype* tempat sampah pintar dapat berfungsi dengan baik sebelum

melakukan pengujian sistem keseluruhan. Adapun beberapa rencana yang akan melakukan uji coba, yaitu: Sensor dan Aktuator; Antarmuka *Web* dan Mikrokontroler; dan Keseluruhan Sistem.

## 2.4 Rancangan Basis Data

Sistem pengelolaan tempat sampah tersebut diberi nama basis data ialah ‘*maknadji\_smart-trash*’ untuk menyimpan data informasi seputar pengelolaan sampah. Adapun rancangan basis data berbentuk *Entity Relationship Diagram* (ERD) diperlihatkan pada gambar 6 di bawah ini.

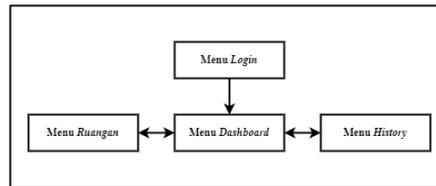


Gambar 6. Rancangan *Entity Relationship Diagram*

Dalam diagram tersebut di atas, hubungan antara ‘*ruangan*’ dan ‘*sensor*’ adalah hubungan *one-to-many*, yaitu satu entitas (*record*) dari sebuah tabel yang dapat berhubungan dengan banyak entitas (*record*) dari tabel lainnya dalam menggambarkan suatu kesatuan.

## 2.5 Rancangan Menu

Adapun gambar 7 berupa penggambaran pada rancangan tersebut berupa bagan menu beserta alur kondisi.

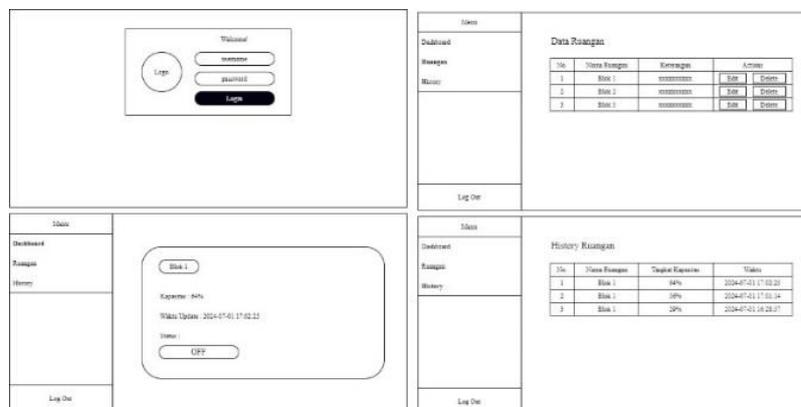


Gambar 7. Bagan Rancangan Menu

Berdasarkan keterangan dari bagan tersebut di atas, terdapat beberapa menu yang akan diterapkan pada rancangan layar, yaitu: menu *Login*; menu *Ruangan*; menu *Dashboard*; dan menu *History*.

## 2.6 Rancangan Layar

Rancangan layar ini diterapkan pada gambar 8 berupa gambaran antarmuka pengguna grafis (APG) untuk mempermudah dalam penggunaan aplikasi *web*.



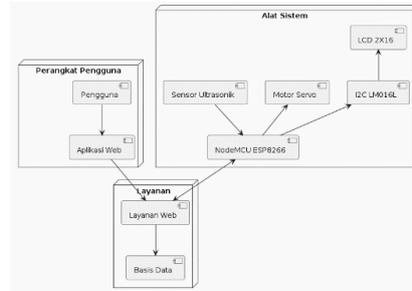
Gambar 8. Rancangan Layar Berbentuk APG

Berdasarkan keterangan dari rancangan tersebut di atas, terdapat beberapa layar yang sudah dibuat sedemikian rupa, yaitu: menu *Login*; menu *Ruangan*; menu *Dashboard*; dan menu *History*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Rancangan Lingkungan Eksperimen

Berikut gambar 9 mengenai penggambaran rancangan lingkungan eksperimen dengan bentuk *deployment diagram* pada pengujian sistem.



Gambar 9. Bagan *Deployment Diagram*

Berdasarkan keterangan rancangan yang diperlihatkan pada gambar di atas, terdapat berjumlah tiga *node* dalam menugaskan sistem secara keseluruhan, yaitu Alat Sistem, Perangkat Pengguna, dan Layanan.

#### 3.2 Implementasi Metode

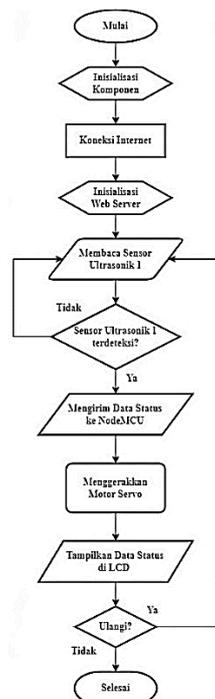
Adapun terdapat dua implementasi metode. Implementasi perangkat keras dirancang dengan cara mewujudkan rancangan mekanik dan mewujudkan rangkaian alat. Sedangkan, implementasi perangkat lunak dirancang dengan mengaktifkan kode program; serta penempatan rangkaian alat dan mekanik.

#### 3.3 Flowchart

Adapun berikut ini terdapat dua *flowchart* agar memudahkan proses pengembangan sistem tersebut.

##### 3.3.1. Flowchart Data Status

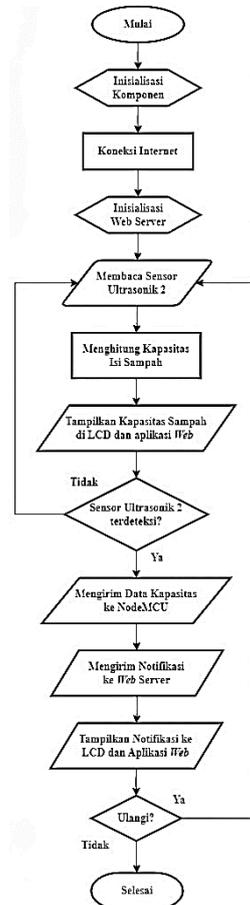
Penampilan diagram alir Gambar 10, sistem ini dimulai dengan inisialisasi komponen hingga selesai dengan mengulang proses pemantauan status tempat sampah.



Gambar 10. Flowchart Untuk Status Pemantauan

### 3.3.2. Flowchart Data Kapasitas

Berdasarkan diagram alir Gambar 11, sistem ini dimulai dengan menjalankan inialisasi komponen hingga selesai dengan mengulang proses pemantauan kapasitas tempat sampah.



Gambar 11. Flowchart Untuk Tingkat Kapasitas

### 3.4 Implementasi Sistem

Implementasi Sistem merujuk pada hasil proses perwujudan rancangan yang telah direncanakan menjadi sebuah fungsional sistem dan melibatkan gabungan komponen fisik dan aplikasi khusus yang disesuaikan dengan perincian. Gambar 12 berikut ini terdapat alat sistem yang terwujud nyata.



Gambar 12. Perwujudan Alat Sistem Pengelolaan Tempat Sampah Pintar

### 3.5 Hasil Uji Coba

#### 3.5.1 Uji Sensor Dan Aktuator

Dalam konteks penelitian ini, sensor Ultrasonik dan motor Servo akan diuji coba bersama NodeMCU untuk menentukan apakah proses cara kerja sistem dapat sesuai dengan menjalankan rancangan diagram blok. Berikut ini terdapat tabel 2 mengenai temuan dari uji sensor dan aktuator.

**Tabel 2.** Tabel Uji Sensor dan Aktuator

No. Uji	Kondisi Sensor Jarak	Kondisi Motor Servo	Waktu Lama Tanggap Proses
Ke-1	Terlacak	Digerakkan	1,5 detik
Ke-2	Terlacak	Digerakkan	1,8 detik
Ke-3	Terlacak	Digerakkan	1,4 detik
Ke-4	Terlacak	Digerakkan	1,8 detik
Ke-5	Terlacak	Digerakkan	2,3 detik

Dari tabel 2 di atas, terlihat bahwa waktu lama tanggap proses untuk setiap uji coba sensor ultrasonik dan motor servo berkisar antara 1,4 hingga 2,3 detik. Hal ini menunjukkan durasi yang diperlukan oleh sistem untuk mendeteksi adanya sampah di dalam tempat sampah dan motor servo bergerak untuk membuka atau menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Adapun faktor dalam waktu tanggap ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, beban sistem, atau responsivitas komponen. Manfaat dari waktu tanggap yang baik ini adalah peningkatan efisiensi dalam pengelolaan sampah, di mana sampah dapat ditangani dengan cepat tanpa menimbulkan penumpukan yang berlebihan.

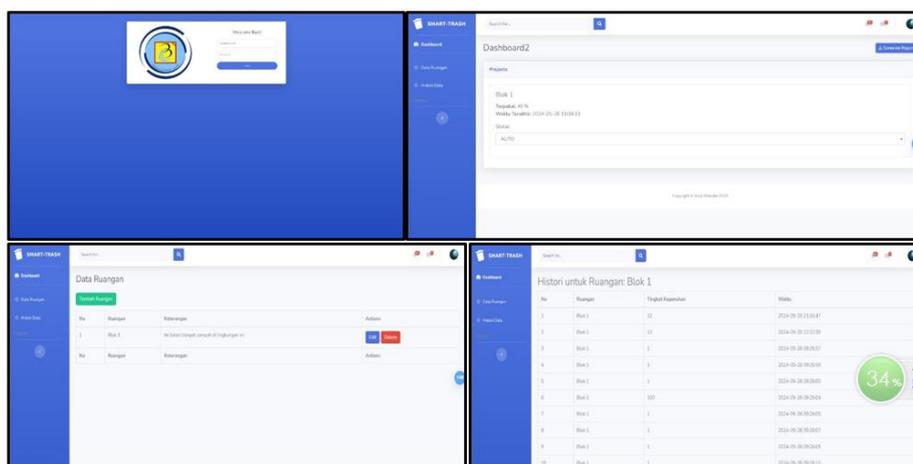
### 3.5.2 Uji Antarmuka Web Dan Mikrokontroler

Dalam serangkaian uji coba ini, hal pertama yang harus dilakukan adalah menguji konektivitas antara NodeMCU dan aplikasi *web* untuk menentukan apakah aplikasi *web* mampu ditampilkan oleh perangkat media. Berikut ini terdapat tabel 3 tentang hasil uji sambungan antarmuka *web* dan mikrokontroler.

**Tabel 3.** Tabel Uji Antarmuka Web dan Mikrokontroler

Perangkat Media	Kondisi Mikrokontroler	Kondisi Antarmuka Web	Status
Komputer	Terkoneksi	Ditampilkan	Berhasil
Laptop	Terkoneksi	Ditampilkan	Berhasil
Ponsel Pintar	Terkoneksi	Ditampilkan	Berhasil

Dalam tabel 3 tersebut memperlihatkan hasil uji sambungan antara NodeMCU dan antarmuka web yang menunjukkan bahwa semua perangkat media (komputer, laptop, dan ponsel pintar) berhasil terhubung dengan mikrokontroler dan mampu menampilkan antarmuka *web* dengan baik. Waktu lama tanggap yang konsisten dan stabil ini sangat penting karena memastikan bahwa sistem mampu memberikan respons yang cepat dan andal dalam skenario penggunaan nyata. Manfaat dari uji tersebut ialah memberikan informasi waktu nyata kepada pengguna melalui antarmuka *web* yang memudahkan pemantauan jarak jauh. Adapun dari gambar 13 di halaman berikutnya disajikan dengan menampilkan tangkapan layar berdasarkan dari rancangan layar pada aplikasi *web* sebagai wujud hasil uji tersebut.


**Gambar 13.** Tangkapan Layar Aplikasi Halaman Situs

### 3.5.3 Uji Keseluruhan Sistem

Hal yang maksud dalam menentukan apakah alat sistem dapat menjalankan sesuai dengan cara kerja sistem. Berikut ini tabel 4 tentang hasil pengujian pada status pemantauan tempat sampah tersebut.

**Tabel 4.** Tabel Uji Status Pemantauan Tempat Sampah

No. Uji	Nilai Ukur Sensor Ultrasonik 1	Kondisi NodeMCU	Kondisi Servo	Kondisi LCD	Status Sistem
Ke-1	20 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 20 cm”	Berhasil
Ke-2	19 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 19 cm”	Berhasil
Ke-3	20 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 20 cm”	Berhasil
Ke-4	18 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 18 cm”	Berhasil
Ke-5	20 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 20 cm”	Berhasil
Ke-6	20 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 20 cm”	Berhasil
Ke-7	21 cm	Terhubung	Tidak Gerak	“Jarak: 20 cm”	Gagal
Ke-8	20 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 20 cm”	Berhasil
Ke-9	20 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 20 cm”	Berhasil
Ke-10	19 cm	Terhubung	Digerakkan	“Jarak: 19 cm”	Berhasil

Dalam tabel 4 menerangkan bahwa sensor ultrasonik 1 berhasil mengukur jarak sampah dengan akurasi yang cukup baik, dengan nilai-nilai yang tercatat stabil di sekitar 18 hingga 21 cm. Sebagian besar pengujian menunjukkan sistem berfungsi sesuai yang diharapkan, tetapi hanya satu kali kegagalan dalam penggerakan motor servo pada uji ke-7, yang menunjukkan potensi kebutuhan untuk kalibrasi lebih lanjut. Adapun juga tabel 5 tentang hasil pengujian pada kapasitas tempat sampah tersebut.

**Tabel 5.** Tabel Uji Kapasitas Tempat Sampah

No. Uji	Nilai Ukur Sensor Ultrasonik 2	Kondisi NodeMCU	Status LCD	Status Aplikasi Web	Status Sistem
Ke-1	60 cm	Terhubung	“Penuh!”	“Terpakai: 60%”	Berhasil
Ke-2	63 cm	Terhubung	“Penuh!”	“Terpakai: 63%”	Berhasil
Ke-3	61 cm	Terhubung	“Penuh!”	“Terpakai: 61%”	Berhasil
Ke-4	60 cm	Terhubung	“Penuh!”	“Terpakai: 60%”	Berhasil
Ke-5	60 cm	Terhubung	“Penuh!”	“Terpakai: 60%”	Berhasil

Dalam tabel 5 menunjukkan pengukuran kapasitas tempat sampah oleh sensor ultrasonik 2, dengan hasil yang konsisten, di mana nilai pengukuran berkisar antara 60 hingga 63 cm, yang kemudian diterjemahkan ke dalam status “Penuh!” pada *Liquid Crystal Display* (LCD) dan aplikasi *web*. Angka-angka ini mencerminkan bahwa sistem mampu mendeteksi tingkat kepenuhan tempat sampah secara akurat dan memberikan notifikasi *real-time* yang sesuai. Konsistensi angka-angka dalam pengukuran ini penting untuk memastikan bahwa sistem dapat diandalkan dalam menjalankan situasi nyata, membantu menghindari penumpukan sampah yang tidak terpantau, dan optimasi jarak pengumpulan sampah secara lebih efisien. Berdasarkan keterangan dari kedua tabel di atas, menunjukkan bahwa alat sistem yang dilakukan pengujian status pemantauan dan kapasitas tempat sampah melalui proses dari masukan menuju keluaran telah memenuhi standar yang diharapkan sesuai dengan cara kerja sistem.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan teknologi pengelolaan sampah pintar berbasis IoT, khususnya dalam konteks penerapan di lingkungan masyarakat perkotaan. Dengan semua komponen yang terpadu seperti NodeMCU, sensor ultrasonik, motor servo, dan *Liquid Crystal Display* (LCD) yang terhubung ke aplikasi *web*, penelitian ini berhasil menciptakan sebuah sistem pemantauan dan pengelolaan sampah yang tidak hanya efisien dan akurat, tetapi juga mampu memberikan informasi *real-time* kepada pengguna. Kontribusi utama dari *paper* ini adalah pengembangan sistem yang lebih komprehensif dan andal dibandingkan penelitian sebelumnya, dengan memperkenalkan pemantauan jarak jauh yang memungkinkan optimalisasi jarak pengumpulan sampah dan meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan dasar bagi pengembangan lebih lanjut di bidang pengelolaan sampah pintar, yang dapat diterapkan dalam jangkauan luas untuk menjawab tantangan pengelolaan sampah di era digital.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Muntasiroh dan R. N. Sumarno, “Rancang Bangun Smart Trash Can Dengan NodeMCU ESP8266 Menggunakan Sistem Monitoring Berbasis Komunikasi Telegram Messenger,” *Fidel. J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 3, pp. 49–56, 2022.
- [2] H. C. Wahyudi dan M. Hardjianto, “Rancangan Bangun Tempat Sampah Pintar (Smart Trash) Berbasis Internet of Things Menggunakan Arduino Uno,” *Semin. Nas. Mhs. Fak. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 2240–2247, 2023.
- [3] Sutarti, Siswanto, dan J. Mulyanto, “Purwarupa Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno,” *J. Din. Inform.*, vol. 9,

- no. 2, pp. 1–15, 2020.
- [4] S. Cahyati dan Y. Ramdhani, “Aplikasi Android Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet Of Things,” in *eProsiding Teknik Informatika (PROTEKTIF)*, 2021, vol. 2, no. 1, pp. 112–121.
  - [5] A. Wafi, H. Setyawan, dan S. Ariyani, “Prototipe Sistem Smart Trash Berbasis IOT (Internet Of Things) dengan Aplikasi Android,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 20–29, 2020.
  - [6] Y. Febryanti, F. M. Wibowo, dan A. Zafia, “Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Di Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan Dan Kebun Raya-Lipi,” *J. Informatics, Inf. Syst. Softw. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 81–90, 2021.
  - [7] F. P. Aji, A. Solehudin, dan C. Rozikin, “Implementasi Sensor Ultrasonik Dalam Mendeteksi Volume Limbah B3 Pada Tempat Sampah Berbasis Internet of Things,” *J. Ilm. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 117–126, 2021.
  - [8] Muliadi, A. Imran, dan M. Rasul, “Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32,” *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020.
  - [9] B. A. Nugroho dan Y. M. Djaksana, “Implementasi Mikrokontroler Arduino Uno dan Multi Sensor Pada Tempat Sampah,” *J. Sci. Sacra*, vol. 2, no. 4, pp. 70–77, 2022.
  - [10] K. Fatmawati, E. Sabna, Muhandi, dan Y. Irawan, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *Riau J. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 124–134, 2020.