

Prototype Smart Waste Exchange untuk Penukaran Botol Plastik berbasis Internet of Things dengan ESP32

Renaldi Surya Saputra¹, Juwari², Moch Yusuf Asyhari³

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas PGRI Madiun, Kota Madiun

²Program Studi Teknik Informatika, Universitas PGRI Madiun, Kota Madiun

³Program Studi Teknik Informatika, Universitas PGRI Madiun, Kota Madiun

*Email: renaldisurya20@gmail.com, juwari@unipma.ac.id, yusuf.asyhari@unipma.ac.id

Abstract

In line with the advancement of time, various sectors face numerous problems that require innovative solutions, one of which is the issue of waste accumulation. Each year, the volume of waste increases significantly, particularly plastic bottle waste. This is caused by the low public awareness in managing waste properly and correctly. In addition, the limited number of waste collection points or waste banks further exacerbates the problem. As an effort to address this issue, the researchers developed a Smart Waste Exchange system in the form of a prototype. This system consists of two main components: hardware and software in the form of a website to monitor and manage receipt data from plastic bottle waste processing. The development method used is the prototype method, which includes the stages of communication, quick planning, system design, and prototype creation. The developed system has also undergone functional testing to ensure that each component functions as expected. The results of the study show that the system introduces the utilization of Internet of Things (IoT) technology in efficient and sustainable waste management. Moreover, a key advantage of the Smart Waste Exchange system compared to previous research is that it can be implemented in various public facilities to reduce plastic bottle waste accumulation. Equipped with an automatic receipt printing feature in the hardware that can be monitored remotely, the system allows users to exchange the receipts for incentives. Thus, the development of this Smart Waste Exchange prototype system can serve as a practical solution to environmental pollution caused by waste accumulation.

Keywords: Smart Waste Exchange, Internet of Things (IoT), Prototype, Plastic Bottle Waste, Website

Abstrak

Seiring dengan perkembangan zaman, banyak permasalahan di berbagai sektor yang membutuhkan solusi yang inovatif, salah satunya adalah masalah penumpukan sampah. Setiap tahun, volume sampah mengalami peningkatan yang signifikan, khususnya sampah botol plastik. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sampah secara baik dan benar. Selain itu, terbatasnya tempat pengepul sampah atau bank sampah turut memperburuk masalah ini. Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, peneliti mengembangkan sistem *Smart Waste Exchange* dalam bentuk *prototype*. Sistem ini terdiri dari 2 (dua) perangkat utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) berupa *website* untuk memantau dan mengelola data struk dari hasil pengelolaan sampah botol plastik. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode *prototype* yang mencakup tahap komunikasi, perencanaan cepat, perancangan sistem, serta pembentukan *prototype*. Sistem yang dikembangkan juga telah dilakukan pengujian fungsional untuk memastikan setiap komponen berjalan sesuai fungsi yang diharapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat memperkenalkan pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam pengelolaan sampah secara efisien dan berkelanjutan. Selain itu, keunggulan sistem *Smart Waste Exchange* dari penelitian sebelumnya yaitu, sistem ini memungkinkan untuk diimplementasikan diberbagai fasilitas umum guna menekan penumpukan sampah botol plastik. Dilengkapi dengan fitur pencetakan struk otomatis pada perangkat keras yang dapat dipantau secara jarak jauh, sistem ini

memungkinkan pengguna menukar struk tersebut dengan insentif. Dengan demikian, pengembangan *prototype* sistem *Smart Waste Exchange* ini dapat menjadi solusi nyata dalam mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan akibat penumpukan sampah.

Kata Kunci: *Smart Waste Exchange*, *Internet of Things* (IoT), *Prototype*, Sampah botol plastik, *Website*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini mengalami perubahan yang signifikan dalam berbagai bidang. Kemajuan tersebut telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini mendorong berbagai pihak turut melakukan pemanfaatan dan inovasi dalam bidang teknologi dan informasi. Salah satu bentuk inovasi tersebut ialah teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) [1]. *Internet of Things* sendiri adalah konsep di mana perangkat fisik terkoneksi dengan internet dan digunakan untuk mempermudah aktivitas sehari-hari. Konsep ini memungkinkan perangkat fisik dapat saling bertukar informasi dengan perangkat lainnya [2]. *Internet of Things* umumnya memiliki 3 elemen kerja utama, yaitu Perangkat fisik, Perangkat koneksi internet (Modem, Router, dsb), dan *Cloud Data Center* atau ruang penyimpanan [3]. Namun, hadirnya berbagai teknologi tersebut belum dapat memberikan dampak yang optimal terhadap beberapa permasalahan, termasuk permasalahan lingkungan.

Berbagai tantangan akan permasalahan lingkungan belum sepenuhnya teratasi, salah satunya ialah permasalahan tentang sampah. Sampah merupakan sisa bahan, limbah atau buangan yang bersifat padat, setengah padat yang berasal dari kegiatan atau siklus kehidupan manusia, hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Umumnya, sampah dikategorikan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sampah organik dan anorganik [4]. Sampah organik merupakan jenis sampah yang mudah terurai secara alami tanpa campur tangan manusia [5]. Sedangkan sampah anorganik adalah jenis sampah yang sulit terurai secara alami dan membutuhkan waktu yang lama untuk terurai [6].

Mengutip dari situs resmi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, timbulan sampah di Indonesia per tahun 2024 mencapai 33 juta ton, di mana provinsi Jawa Timur menduduki peringkat kedua dengan total timbulan sampah per tahunnya sebanyak 4 juta ton setelah provinsi Jawa Barat dengan total timbulan sampah 6 juta ton per tahunnya. Total timbulan sampah tersebut berasal dari berbagai sektor lingkungan, namun sebagian besar sampah berasal dari lingkungan rumah tangga dengan persentase 50,78%. Jenis sampah yang paling dominan adalah sampah dari sisa makanan dengan persentase 39,41% diikuti oleh sampah plastik sebanyak 19,55% [7]. Permasalahan sampah ini tidak akan teratasi jika masyarakat tidak memiliki *awarness* (kesadaran) akan dampak negatif sampah terhadap lingkungan. Kurangnya informasi dan fasilitas mengenai pengelolaan sampah turut menyebabkan kebiasaan membuang sampah sembarangan [8]. Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu adanya sistem pengelolaan sampah yang tepat, efisien dan terencana agar masalah ini dapat diatasi secara menyeluruh.

Beberapa peneliti telah melakukan inovasi dan pemanfaatan teknologi untuk mengatasi permasalahan tentang sampah. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Uzma & Sajiah, dalam jurnalnya yang berjudul "Sistem Manajemen Bank Sampah Berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk Pengelolaan Sampah yang Efisien (Studi Kasus: UD. Maju Jaya)". Penelitian ini merancang sistem bank sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor load cell HX711, dan protokol komunikasi MQTT. Namun, dari hasil pengujian masih didapatkan kelemahan pada tingkat akurasi timbangan non-logam yang masih rendah, serta belum tersedia *platform website* untuk pengelolaan data oleh *admin* [9]. Penelitian lain dilakukan oleh Bahauddin & Munawaroh dalam jurnalnya yang berjudul "Implementasi Sistem Cerdas Pemilah Sampah Logam, Organik dan Anorganik Otomatis Dengan Metode Fuzzy Sugeno Orde Nol Berbasis *Internet of Things* (Studi Kasus: Bank Sampah Kampung Baru)". Penelitian tersebut memiliki tujuan untuk mengubah sistem pengelolaan sampah yang sebelumnya masih dilakukan secara manual dengan pemanfaatan

teknologi *Internet of Things* serta penggunaan *platform website* dan telegram untuk mengelola data sampah. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino, sensor proximity induktif, proximity infrared, ultrasonik SR-04 dan *raindrop*. Hasil pembacaan dari sensor-sensor tersebut kemudian dikirimkan ke *platform website* sebagai media pencatatan transaksi dalam proses pengelolaan sampah [10].

Berdasarkan uraian permasalahan di atas tentang meningkatnya penumpukan sampah setiap tahun serta rendahnya kesadaran masyarakat akan pentingnya sistem pengelolaan sampah, peneliti mengusulkan pengembangan *Prototype Smart Waste Exchange* untuk Penukaran Botol Plastik berbasis *Internet of Things* dengan ESP32. Peneliti mengembangkan sistem ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam mengatasi permasalahan penumpukan sampah. Penelitian ini difokuskan pada tahap perancangan, yaitu pembentukan simulasi dari sistem *Smart Waste Exchange*.

2. Metode

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *Prototype*. Metode *prototype* adalah salah satu metode pengembangan sistem yang memungkinkan adanya interaksi antara pengembang dan pengguna [11]. Metode ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu *Communication* (Komunikasi), *Quick Plan* (Perencanaan Cepat), *Modeling Quick Design* (Pemodelan dan Perancangan Cepat), *Construction of Prototype* (Pembentukan Prototype), dan *Deployment Delivery and Feedback* (Penyerahan dan Umpaman Balik) [12]. Tahapan-tahapan tersebut melibatkan pembuatan model awal (*prototype*) dari sistem yang dikembangkan, yang kemudian digunakan untuk tujuan pengujian dan pengumpulan umpan balik dari pengguna sebelum dilakukan pengembangan versi final [13]. Adapun alur dari tahapan metode *prototype* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alur langkah metode *prototype*

Pengembangan *prototype smart waste exchange* juga memanfaatkan model perancangan *Unified Modeling Language* (UML). UML (*Unified Modeling Language*) merupakan bahasa pemodelan berorientasi objek yang digunakan untuk menggambarkan berbagai aspek dalam perancangan suatu sistem [14]. UML sendiri memiliki berbagai jenis diagram yang dapat digunakan dalam proses pengembangan sistem. Namun, pada pengembangan *prototype smart waste exchange* ini, peneliti hanya menggunakan model diagram *use case*. Diagram ini berfungsi untuk menggambarkan hubungan antara pengguna (aktor) dengan sistem, serta mendeskripsikan fungsi-fungsi utama yang dapat dilakukan oleh pengguna terhadap sistem yang dikembangkan [15].

3. Hasil dan Pembahasan

Penumpukan sampah terus mengalami peningkatan setiap tahun, terutamanya pada sampah botol plastik akibat dari tingginya konsumsi minuman dalam kemasan. Permasalahan ini memerlukan kepedulian dari masyarakat dalam aspek pengelolaan sampah. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, peneliti merancang *prototype smart waste exchange* yang terdiri dari 2 (dua) model perangkat, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

3.1. Penyajian Hasil

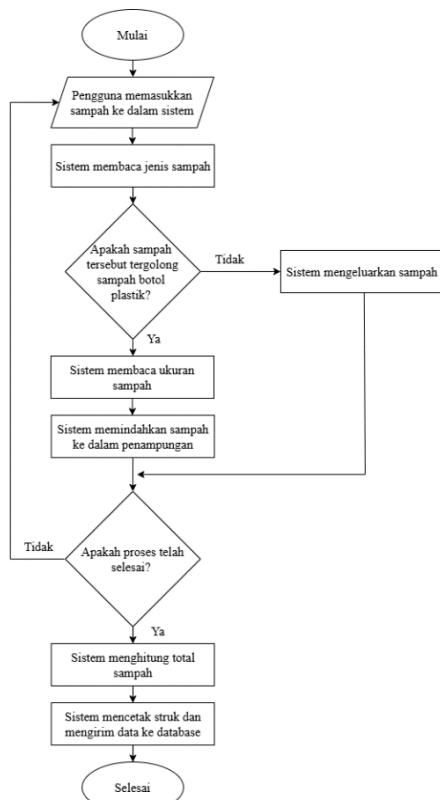
Pada pengembangan sistem ini, peneliti menggunakan metode pengembangan sistem yaitu metode *prototype*. Adapun penjelasan mengenai proses pengembangan *prototype smart waste exchange* yang disesuaikan dengan alur langkah metode *prototype* dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.1.1. Communication (Komunikasi)

Berdasarkan hasil analisis tahap ini, disimpulkan bahwa terdapat permasalahan berupa tingginya tingkat penumpukan sampah setiap tahunnya, khususnya sampah botol plastik. Permasalahan ini disebabkan oleh karena rendahnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sampah yang merekahasilkan, di mana sampah botol plastik merupakan salah satu jenis sampah yang banyak ditemukan akibat tingginya konsumsi minuman dalam kemasan. Selain itu, keterbatasan tempat pengepul sampah atau bank sampah juga menjadi faktor yang memperparah tingkat penumpukan sampah.

3.1.2. Quick Plan (Perencanaan Cepat)

Pada tahap ini peneliti melakukan perencanaan cepat, yaitu dengan merumuskan solusi dari permasalahan yang dihadapi serta menentukan tujuan yang akan dicapai. Tingginya tingkat penumpukan sampah setiap tahun, ditambah dengan keterbatasan tempat pengepul atau bank sampah, mendorong peneliti untuk menciptakan inovasi melalui pemanfaatan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT). Peneliti memberikan solusi terhadap permasalahan berupa pengembangan *prototype* dari sistem *Smart Waste Exchange* sebagai media penukaran botol plastik dengan insentif. Adapun *flowchart* dari sistem *Smart Waste Exchange* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart sistem Smart Waste Exchange

Dalam pembentukan *prototype smart waste exchange*, terdapat komponen-komponen yang digunakan, antara lain:

Tabel 3.1 Komponen prototype sistem smart waste exchange

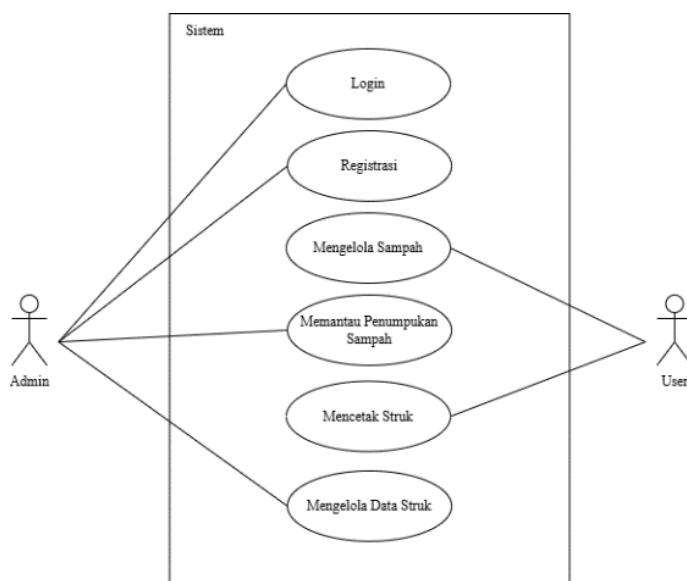
No	Nama	Jumlah	Keterangan
1.	NodeMCU ESP32	1	Mikrokontroler utama
2.	Sensor Proximity Induktif	1	Sensor identifikasi sampah logam
3.	Sensor DHT22	1	Sensor identifikasi sampah organik
4.	Sensor Ultrasonik	2	Sensor pengukur ketinggian sampah
5.	Motor Servo	2	Alat penggerak papan sortir
6.	Tombol atau Button	2	Alat untuk memulai dan menghentikan proses sistem

3.1.3. Modeling Quick Design (Pemodelan dan Perancangan Cepat)

Pada tahap ini, peneliti melakukan perancangan *prototype* dari sistem *smart waste exchange*, yaitu meliputi perancangan perangkat lunak (*software*) dan perancangan perangkat keras (*hardware*). Perancangan perangkat lunak dilakukan melalui perancangan *use case diagram*. Sementara itu, perancangan perangkat keras yang masih dalam bentuk *prototype* dilakukan melalui pembuatan diagram blok. Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai perancangan sistem *Smart Waste Exchange*:

a. Use Case Diagram

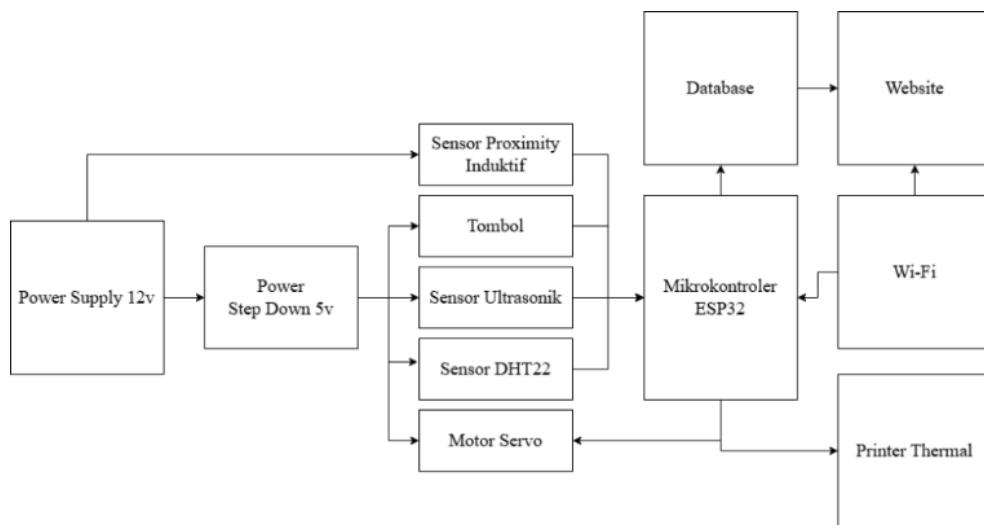
Use Case Diagram digunakan oleh peneliti untuk menggambarkan hubungan antara sistem *Smart Waste Exchange* dengan aktor yang terlibat. Pada sistem ini terdapat 2 (dua) aktor utama, yaitu *admin* dan *user*. Bentuk *use case diagram* dari sistem *Smart Waste Exchange* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Use Case Diagram

b. Diagram Blok

Diagram blok merupakan sebuah gambaran sederhana dari hubungan antara masukan dan keluaran dalam suatu sistem. Diagram ini memberikan gambaran terhadap hubungan fungsionalitas dari berbagai komponen penyusun sistem. Diagram blok dari *Prototype Smart Waste Exchange* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Blok

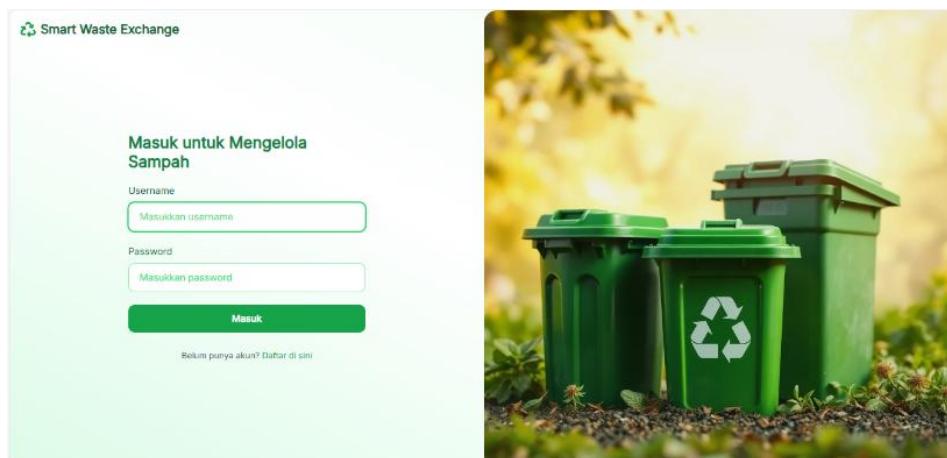
3.1.4. Construction of Prototype (Pembentukan Prototype)

Pada tahap ini, peneliti melakukan pembentukan *prototype* (*construction of prototype*) setelah menyelesaikan tahap analisis dan perancangan sistem. Pengembangan *prototype* *smart waste exchange* melalui *platform* Figma untuk membuat rancangan antarmuka dari perangkat lunak (*software*) dan *platform* Wokwi yang digunakan untuk membuat *prototype* dari perangkat keras (*hardware*) sistem. Dari pengembangan *prototype* *smart waste exchange* ini, nantinya dapat menjadi acuan dalam pengembangan versi sempurnanya di masa yang akan datang. Adapun proses dari tahap ini dijelaskan sebagai berikut:

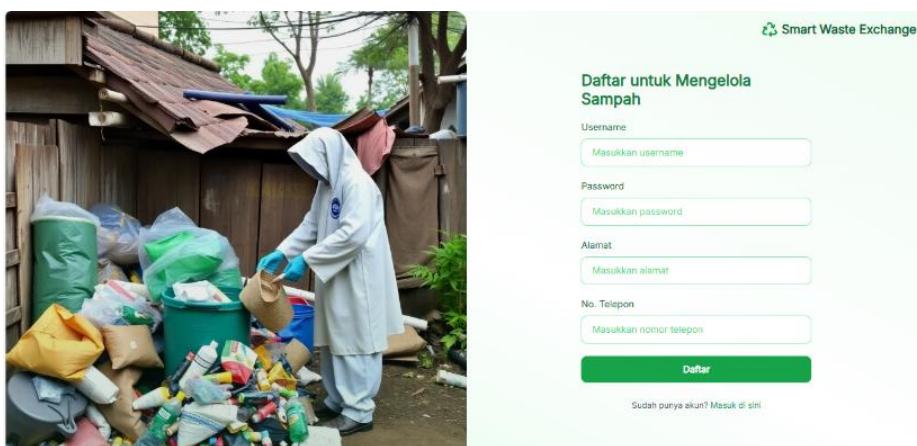
a. Pembentukan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak dari sistem *Smart Waste Exchange* berupa sebuah *website*. *Website* ini terdiri atas beberapa halaman utama yang menampilkan data hasil pengelolaan sampah botol plastik yang diperoleh dari perangkat keras sistem *Smart Waste Exchange*. Berikut ini merupakan tampilan dari rancangan halaman-halaman *website* tersebut:

1) Halaman Login dan Registrasi



Gambar 3.4 Halaman login



Gambar 3.5 Halaman registrasi

Pada halaman *login* terdapat 2 (dua) *form* inputan, yaitu *username* dan *password*, serta tombol yang berfungsi untuk mengarahkan pengguna ke halaman *registrasi* apabila belum memiliki akun. Sementara itu, pada halaman *registrasi* terdapat *form* inputan berupa *username*, *password*, alamat, dan no.telepon. Kedua halaman ini merupakan halaman awal dari pengguna sebelum mengakses halaman utama dari website *smart waste exchange*.

3) Halaman Beranda



Gambar 3.6 Halaman beranda

Pada halaman beranda ini memuat tentang data dari struk, yang meliputi jumlah struk yang belum ditukarkan, struk yang sudah ditukarkan, dan total data struk. Selain itu, ditampilkan juga diagram statistik pengelolaan sampah mingguan.

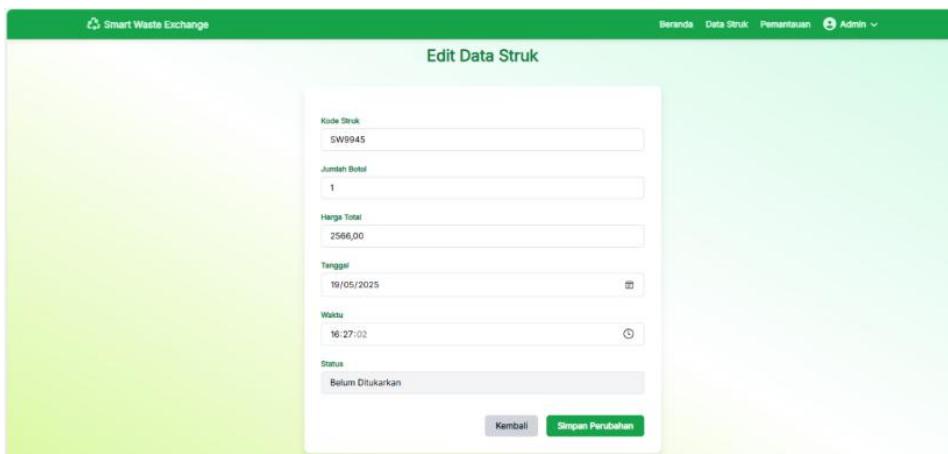
4) Halaman Data Struk

#	Kode Struk	Jumlah Botol	Harga Total	Tanggal	Waktu	Status	Aksi
1	SM6931	6	Rp8.051	2025-05-19	16:26:13	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
2	SM1387	6	Rp6.958	2025-05-19	16:26:26	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
3	SM4749	6	Rp5.772	2025-05-19	16:26:38	Sudah Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
4	SM6963	5	Rp6.619	2025-05-19	16:26:50	Sudah Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
5	SM9945	1	Rp2.566	2025-05-19	16:27:02	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
6	SM4579	1	Rp7.924	2025-05-19	16:27:27	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
7	SM9229	3	Rp1.124	2025-05-19	16:27:52	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
8	SM5678	9	Rp5.460	2025-05-19	16:28:04	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
9	SM7736	3	Rp9.679	2025-05-19	16:29:23	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]
10	SM9299	4	Rp1.489	2025-05-19	16:29:43	Belum Ditukarkan	[Edit] [View] [Delete]

Gambar 3.7 Halaman data struk

Pada halaman data struk, terdapat tampilan tabel yang berisikan data hasil pengelolaan sampah pada sistem *Smart Waste Exchange*. Data tersebut sesuai dengan informasi yang tercantum pada struk yang dicetak oleh pengguna melalui perangkat keras sistem. Tabel tersebut mencangkap informasi berupa kode struk, jumlah botol, harga total, tanggal, waktu, dan status penukaran struk, serta aksi untuk mengubah, menghapus, dan memverifikasi data struk.

5) Halaman Edit Data Struk



The screenshot shows the 'Edit Data Struk' page. It features a form with the following data:

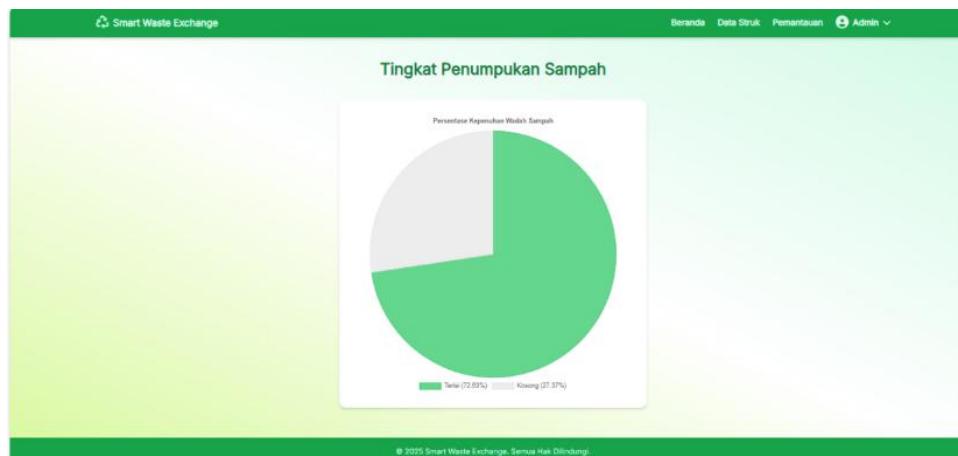
- Kode Struk: SW9945
- Jumlah Botol: 1
- Harga Total: 2566,00
- Tanggal: 19/05/2025
- Waktu: 16:27:02
- Status: Belum Ditukarkan

At the bottom of the form are two buttons: 'Kembali' (Back) and 'Simpan Perubahan' (Save Changes).

Gambar 3.8 Halaman edit data struk

Data struk yang ditampilkan dalam tabel dapat diubah melalui halaman edit data struk. Pada halaman ini, *admin* dapat melakukan perubahan data sesuai dengan kebutuhan. Setelah melakukan perubahan, *admin* dapat menekan tombol simpan perubahan. Namun, apabila *admin* memutuskan untuk tidak melakukan perubahan data, *admin* dapat menekan tombol kembali yang langsung diarahkan ke halaman data struk oleh sistem.

6) Halaman Pemantauan

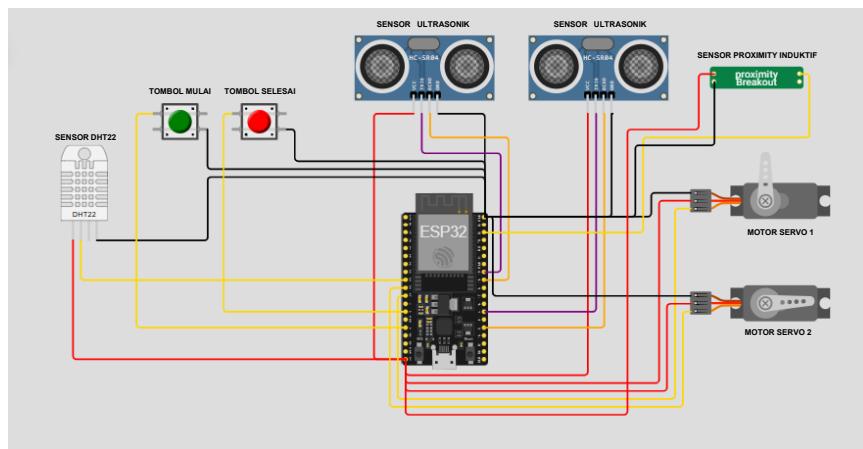


Gambar 3.9 Halaman pemantauan

Pada website *Smart Waste Exchange*, terdapat halaman untuk menampilkan tingkat penumpukan sampah pada wadah penampungan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, tingkat penumpukan sampah digambarkan melalui diagram pie. Data penumpukan sampah ini dikirim langsung oleh mikrokontroler. Nilai dari diagram ini akan selalu berubah mengikuti pembacaan dari sensor ultrasonik.

b. Pembentukan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada tahap pembentukan perangkat keras disini, peneliti mulai merancang *prototype* dari sistem *smart waste exchange* melalui *platform* Wokwi. *Platform* ini menyediakan komponen-komponen elektronik yang dapat digunakan untuk simulasi. Namun, dalam implementasinya, *prototype smart waste exchange* memanfaatkan sensor proximity induktif untuk mendeteksi jenis sampah logam. Akan tetapi, pada *platform* Wokwi sensor tersebut masih belum tersedia. Dengan keterbatasan tersebut, peneliti menggunakan fitur *Custom Chip* untuk membuat simulasi sensor yang menyerupai fungsi dari sensor proximity induktif. Berikut ini merupakan hasil pengembangan *prototype smart waste exchange* melalui *platform* Wokwi:



Gambar 3.10 Skema rangkaian prototype sistem smart waste exchange

```
=====
Proses dimulai.
=====
Tunggu sebentar, sistem sedang memproses botol anda.
Identifikasi Sampah Organik: 40.0 %
Ketinggian Botol: 9.9 cm
Botol besar (+500)
Tingkat Penumpukan Sampah: 40.0 %
Total pendapatan sementara: Rp 500
Tunggu sebentar, sistem sedang memproses botol anda.
Identifikasi Sampah Organik: 40.0 %
Ketinggian Botol: 16.9 cm
Botol sedang (+200)
Tingkat Penumpukan Sampah: 40.0 %
Total pendapatan sementara: Rp 700
Tunggu sebentar, sistem sedang memproses botol anda.
Identifikasi Sampah Organik: 89.5 %
Sampah basah terdeteksi.
Tingkat Penumpukan Sampah: 40.0 %
Total pendapatan sementara: Rp 700
=====
Proses diakhiri.
=====
Total pendapatan: Rp 700
Sistem siap, menunggu pengguna selanjutnya.
```

Gambar 3.11 Hasil pemrosesan sistem smart waste exchange

3.2. Pembahasan

Prototype smart waste exchange merupakan sebuah inovasi yang dikembangkan oleh peneliti sebagai solusi terhadap permasalahan penumpukan sampah yang terjadi setiap tahunnya. *Prototype* ini terdiri dari 2 (dua) model perangkat, yaitu perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Fokus utama sistem ini adalah pengelolaan sampah botol plastik, dikarenakan jenis sampah ini memiliki tingkat pencemaran dan volume penumpukan yang tinggi akibat konsumsi minuman dalam kemasan.

Selain berdampak terhadap lingkungan, sampah botol plastik juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan dibutuhkan dalam berbagai proses produksi di sektor industri. Dalam industri daur ulang, sampah plastik diolah kembali menjadi berbagai produk, seperti peralatan

rumah tangga, bahan baku otomotif dan material kontruksi. Oleh karena itu, pengembangan *prototype smart waste exchange* ini diharapkan dapat menjadi gambaran dari pemanfaatan teknologi sebagai solusi terhadap permasalahan penumpukan sampah, serta keterbatasan akses masyarakat terhadap tempat pengepul atau bank sampah.

Implementasi dari *prototype smart waste exchange* memiliki beberapa keunggulan dari penelitian sebelumnya. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor untuk mengidentifikasi jenis sampah, mengukur ketinggian sampah, serta memantau tingkat penumpukan sampah pada wadah penampungan. Seluruh data yang dihasilkan akan disimpan dalam *database*, yang nantinya akan ditampilkan pada *website*. *Prototype smart waste exchange* juga memanfaatkan motor servo sebagai penggerak buka tutup tempat sampah dan melakukan pemilahan sampah secara otomatis. Dalam proses pengembangan *prototype* ini, peneliti telah melakukan pengujian fungsional guna memastikan setiap komponen sistem berjalan sesuai yang diharapkan. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian *prototype smart waste exchange*:

Tabel 3.2 Pengujian *prototype* sistem *smart waste exchange*

No	Nama Pengujian	Capaian Pengujian	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Tombol Mulai	Mengarahkan motor servo 1 yang semula pada posisi 90° ke posisi 0° guna membuka tutup sampah	Servo bergerak ke posisi 0° atau membuka tutup sampah saat tombol mulai ditekan	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai
2.	Tombol Selesai	Mengarahkan motor servo 1 yang semula pada posisi 0° ke posisi 90° guna menutup tutup sampah, serta mengakhiri dan menghitung total pendapatan dari hasil pengelolaan sampah botol plastik	Servo bergerak ke posisi 90° atau menutup tutup sampah, serta proses sistem berakhir dan menampilkan total pendapatan saat tombol selesai ditekan	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai
3.	Sensor Ultrasonik 1	Membaca ketinggian dari sampah, dan mengklasifikasikan sampah botol plastik, mulai ukuran besar, sedang, hingga kecil	Sensor menghitung ketinggian dari sampah, dan mengklasifikasikan sampah botol plastik, mulai ukuran besar, sedang, hingga kecil	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai
4.	Sensor Ultrasonik 2	Membaca tingkat penumpukan sampah pada wadah penampungan	Sensor membaca tingkat penumpukan pada wadah penampungan	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai
5.	Motor Servo 1	Bergerak ke 0° (membuka tutup sampah) pada saat tombol mulai ditekan, serta bergerak ke 90° (menutup tutup sampah) saat tombol selesai ditekan	Servo Bergerak ke 0° (membuka tutup sampah) pada saat tombol mulai ditekan, serta bergerak ke 90° (menutup tutup sampah) saat tombol selesai ditekan	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai
6.	Motor Servo 2	Bergerak ke 45° (menggerakan pemilah ke wadah penampungan) ketika sampah terdeteksi sampah botol plastik dan bergerak 135° (mengeluarkan sampah ke lubang keluaran) ketika sampah bukan sampah botol plastik	Servo bergerak ke 45° (menggerakan pemilah ke wadah penampungan) ketika sampah terdeteksi sampah botol plastik dan bergerak 135° (mengeluarkan sampah ke lubang keluaran) ketika sampah bukan sampah botol plastik	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai
7.	Sensor DHT22	Membaca tingkat kelembapan dari sampah	Sensor membaca kelembapan sampah, jika sampah memiliki tingkat kelembapan $\geq 80\%$, maka	[√] Sesuai [] Tidak Sesuai

			motor servo 2 akan mengeluarkan sampah (terdeteksi jenis sampah organik), dan jika kelembapan < 80%, maka servo 2 akan memasukkan sampah ke wadah penampungan
8.	Sensor Proximity Induktif	Mendeteksi jenis sampah logam	Sensor mendeteksi jenis sampah logam, jika terdeteksi sampah logam, maka motor servo 2 akan langsung mengeluarkan sampah [<input checked="" type="checkbox"/>] Sesuai [<input type="checkbox"/>] Tidak Sesuai

Berdasarkan perancangan *prototype Smart Waste Exchange* di atas, dapat disimpulkan bahwa simulasi yang dilakukan menggunakan *platform* Wokwi telah berjalan sesuai dengan harapan. Namun, pembacaan sensor proximity induktif belum dapat berfungsi secara optimal karena jenis sensor tersebut belum tersedia pada *platform* Wokwi. Melalui perancangan *prototype* ini, sistem selanjutnya dapat diimplementasikan secara nyata menjadi produk akhir yang terhubung secara menyeluruh dengan perangkat lain. Sistem *Smart Waste Exchange* ini dirancang untuk dapat diterapkan di berbagai fasilitas umum, dengan 2 (dua) model perangkat yang memungkinkan pengguna melakukan pengelolaan sampah botol plastik secara mandiri. Seluruh proses pengelolaan dapat dipantau secara jarak jauh oleh *admin* melalui perangkat lunak berbasis *web*.

Meskipun demikian, sistem ini masih memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah belum tersedianya fitur akun pengguna, sehingga proses penukaran insentif masih bergantung pada struk hasil pengelolaan sampah. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut sangat diperlukan melalui berbagai inovasi guna menyempurnakan sistem ini menjadi produk akhir yang efisien, terstruktur, dan mampu memberikan kontribusi nyata dalam menekan permasalahan penumpukan sampah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan dari *prototype smart waste exchange*, dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat menjadi solusi inovatif dalam mengatasi permasalahan penumpukan sampah, khususnya sampah botol plastik. *Prototype smart waste exchange* terdiri dari 2 (dua) perangkat utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat lunak berupa sebuah *website* yang nantinya akan dikelola oleh *admin* untuk memantau dan mengelola data pengelolaan sampah. Sementara itu, perangkat keras dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor proximity induktif, sensor DHT22, sensor ultrasonik, dan motor servo.

Prototype smart waste exchange dibangun menggunakan *platform* Wokwi. Hasil pengujian dari simulasi *prototype* ini menunjukkan bahwa setiap komponen mampu berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan perancangan. Semua komponen dapat berjalan sesuai dengan fungsinya selama proses simulasi. Dari hasil pengujian tersebut, *prototype* ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan sistem *smart waste exchange* menjadi produk akhir yang terintegrasi. Implementasi sistem secara fisik nantinya dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, berbagai jenis sensor, serta aktuator berupa motor servo. Untuk perangkat lunak, pengembangan *website* disarankan menggunakan *framework* Laravel dengan dukungan basis data MySQL guna menyimpan dan mengelola data pengelolaan sampah secara optimal. Dengan demikian, perancangan *prototype* ini diharapkan dapat menjadi langkah awal yang nyata dalam mendukung pengelolaan sampah yang lebih efisien, terstruktur, dan berkelanjutan.

5. Referensi

- [1] A. Rakhman and Y. F. Sabanise, "Analisa Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things," *Smart Comp*, vol. 12, no. 2, pp. 473–478, 2023.
- [2] R. T. Budiyanti, *Buku Ajar Internet of Things*. Semarang: CV. Asta Karya Kreatifa Media, 2021.
- [3] Mambang, *Buku Ajar Teknologi Komunikasi Internet (Internet Of Things)*. Kabupaten Banyumas: CV. Pena Persada, 2021.
- [4] L. B. Tarigan and O. M. Dukabain, *Pengelolaan Sampah Kreatif*. Malang: Penerbit Rena Cipta Mandiri, 2023. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/PENGELOLAAN_SAMPAH_KREATIF/NHyxEAQAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=sampah anorganik adalah&pg=PP5&printsec=frontcover
- [5] E. W. Simatupang, N. Rahmwati, M. Z. Haidar, and S. Sudaryanto, "Pemanfaatan Sampah Organik Dengan Pembuatan Komposter," *Masy. Berdaya dan Inov.*, vol. 5, no. 1, pp. 118–121, 2024, [Online]. Available: <https://mayadani.org/index.php/MAYADANI/article/view/180>
- [6] D. M. Dewi, S. K. Illahi, C. M. D. R. Putra, and R. Febrianita, "Inovasi Pembuatan Tong Sampah Organik dan Anorganik dari Galon Bekas Sebagai Solusi Pengelolaan Sampah di Desa Latsari Jombang Jawa Timur," *J. Akad. Pengabdi. Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 115–121, 2024.
- [7] Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan, "Data Timbulan Sampah 2024," Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Accessed: Mar. 24, 2025. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- [8] O. H. Putri and S. Evanita, "Komunikasi Lingkungan dan Ketersediaan Sarana Terhadap Perilaku Masyarakat Membuang Sampah Di Sekitar Sungai Batang Merao," *JEMSI (Jurnal Ekon. Manajemen, dan Akuntansi)*, vol. 10, no. 6, pp. 3186–3193, 2024.
- [9] T. Uzma and A. M. Sajiah, "Sistem Manajemen Bank Sampah Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Pengelolaan Sampah yang Efisien (Studi Kasus: UD. Maju Jaya)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 2, pp. 2124–2129, 2025.
- [10] A. Bahauddin and Munawaroh, "Implementasi Sistem Cerdas Pemilah Sampah Logam, Organik Dan Anorganik Otomatis Dengan Metode Fuzzy Sugeno Orde Nol Berbasis Internet of Things (Studi Kasus: Bank Sampah Kampung Baru)," *JORAPI J. Res. Publ. Innov.*, vol. 3, no. 1, pp. 2155–2162, 2025.
- [11] A. A. Muin, *Peran Sistem Informasi Dalam Transformasi Digital*. Nusa Tenggara Barat: Pusat Pengembangan Pendidikan dan Penelitian Indonesia, 2025. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/PERAN_SISTEM_INFORMASI_DALAM_TRASFORMASI/abtPEQAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=metode prototype adalah&pg=PR3&printsec=frontcover
- [12] M. Syarif and D. Risdiansyah, "Pemanfaatan Metode Prototype Dalam Perancangan Sistem Informasi Penjualan Berbasis Website," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 4, pp. 7945–7952, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.10467.
- [13] R. Taufiq, D. Y. Prianggodo, Y. Sugiani, and N. Andini, "Penggunaan Metode Prototype Pada Pengembangan Sistem Informasi Imunisasi Posyandu," *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 7, no. 4, p. 431, 2023, doi: 10.31000/jika.v7i4.9329.
- [14] R. Destriana, S. M. Husain, N. Handayani, and A. T. P. Siswanto, *Diagram UML Dalam Membuat Aplikasi Android Firebase "Studi Kasus Aplikasi Bank Sampah."* Yogyakarta: Deepublish, 2021. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Diagram_UML_Dalam_Membuat_Aplikasi_Android/6bM-EQAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=uml adalah&pg=PR4&printsec=frontcover
- [15] N. Ahmad et al., *Analisa & Perancangan Sistem Informasi Berorientasi Objek*. Kabupaten Bandung: Penerbit Widina Media Utama, 2022. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/ANALISA_PERANCANGAN_SISTEM_INFORMASI_BER/wSSFEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=use case diagram adalah&pg=PR2&printsec=frontcover