

TIMBANGAN BERBASIS IOT UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGELOLAAN SAMPAH ORGANIK PADA *SMART WASTE MANAGEMENT* DI DESA MANYINGSAL

Harya Gusdevi¹, Ari Hadhiwibowo², Nova Agustina³, Abdul Fatah⁴, Muchammad Naseer⁵
Program Studi Teknik Informatika^{1, 2, 3, 5}, Teknik Industri¹
haryagusdevi@sttbandung.ac.id¹, ari@sttbandung.ac.id², nova@sttbandung.ac.id³, abdufatah@sttbandung.ac.id⁴

Abstrak

Permasalahan sampah di Jawa Barat, khususnya Desa Manyingsal di Kabupaten Subang menjadi topik pembicaraan serius Pemerintah Provinsi Jawa Barat karena dampak negative sampah yang semakin meningkat. Penelitian ini membahas pengembangan timbangan berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi untuk pemantauan dan pengelolaan sampah organik dalam konteks *Smart Waste Management* (SWM). Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan teknologi sensor *Load Cell*, memungkinkan pemantauan *real-time* terhadap berat sampah organik yang dihasilkan. Implementasi dilakukan melalui *platform* IoT yang terhubung, memungkinkan akses dan pengelolaan data timbangan dengan mudah melalui aplikasi berbasis web. Penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah organik, sejalan dengan upaya mencapai lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa timbangan berbasis IoT ini memberikan pemantauan yang akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi sampah. Implikasi dari penelitian ini adalah penerapan solusi pintar dan terkoneksi dalam pengelolaan sampah organik, memberikan dasar untuk peningkatan keberlanjutan dalam kerangka *Smart Waste Management* secara menyeluruh. Kata kunci: Sampah Organik, IoT, Web, *Smart Waste Management*

Abstract

The issue of waste in West Java has become a serious concern for the West Java Provincial Government due to the increasing negative impact of waste. This research discusses the development of an Internet of Things (IoT)-based scale as a solution for monitoring and managing organic waste within the context of Smart Waste Management (SWM). The developed system integrates Load Cell sensor technology, enabling real-time monitoring of the weight of organic waste produced. Implementation is carried out through a connected IoT platform, allowing easy access and management of scale data through a web-based application. The aim of this research is to enhance the efficiency of organic waste management, aligning with efforts to achieve a cleaner and more sustainable environment. Experimental results indicate that this IoT-based scale provides accurate monitoring and responsive feedback to changes in waste conditions. The implications of this research lie in the application of smart and connected solutions for organic waste management, laying the groundwork for comprehensive improvements within the Smart Waste Management framework.
Keywords: Organic Waste, IoT, Web, *Smart Waste Management*

I. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara yang padat penduduknya, menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan limbah, khususnya dalam penanganan sampah organik [1]. Pertumbuhan penduduk yang cepat dan urbanisasi yang terus meningkat, masalah sampah telah menjadi perhatian kritis yang perlu segera diatasi. Jawa Barat, sebagai salah satu provinsi dengan tingkat urbanisasi tinggi, tidak luput dari dampak negatif peningkatan jumlah sampah, khususnya sampah organik [2]. Pemerintah Provinsi Jawa Barat menyadari bahwa pengelolaan sampah bukan hanya tanggung jawab sektor lingkungan, tetapi juga merupakan agenda utama pembangunan berkelanjutan. Salah satu Desa yang memiliki permasalahan perihal sampah di Jawa Barat adalah Desa Manyingsal yang terletak di Kabupaten Subang. Permasalahan yang terjadi adalah Masyarakat tidak mengelola sampah dengan baik, mayoritas sampah dimusnahkan dengan cara dibakar dan memberi dampak masalah baru yaitu polusi udara yang dapat menyebabkan penyakit. Permasalahan perihal sampah telah mendorong solusi inovatif dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk mengatasi tantangan pengelolaan sampah organik secara lebih efektif dan efisien [3], memanfaatkan kecanggihan sensor dan konektivitas untuk menciptakan sistem yang terintegrasi dan responsif [4], [5].

Beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi IoT telah membuka peluang baru untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam berbagai bidang, termasuk manajemen sampah [6], [7], dengan memberikan kemampuan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengelola data secara *real-time*. Sistem IoT telah memungkinkan integrasi yang lebih baik antara berbagai komponen dalam proses manajemen sampah, mulai dari pengumpulan hingga pengelolaan akhir, melalui penggunaan sensor yang memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu. Dengan adopsi teknologi ini, organisasi dapat merespons lebih cepat terhadap perubahan kondisi sampah, meningkatkan efektivitas pengumpulan, dan secara keseluruhan mengoptimalkan proses manajemen sampah.

Fokus utama dari penelitian ini adalah pengembangan timbangan berbasis IoT yang memberikan pemantauan *real-time* terhadap berat sampah organik. Upaya ini sejalan dengan arah kebijakan pembangunan berkelanjutan, di mana pengelolaan sampah menjadi faktor kunci dalam mencapai lingkungan yang bersih dan sehat. Pengelolaan sampah organik bukan hanya tanggung jawab pemerintah, melainkan juga melibatkan partisipasi aktif masyarakat dan sektor swasta. Penelitian ini menggunakan sensor *Load Cell* yang terhubung dengan Modul Wifi untuk mengintegrasikan data hasil timbangan ke *website* melalui *Firebase*. Pemahaman mendalam terhadap efektivitas solusi yang diusulkan dapat

memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya bersama dalam menciptakan lingkungan hidup yang berkelanjutan di masa depan. Hasil penelitian ini diharapkan Masyarakat dapat memantau jumlah sampah organik yang dikelola di Desa Manyingsal secara *realtime* dan mengetahui produk yang dihasilkan dari hasil manajemen sampah di Desa Manyingsal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Smart Waste Management*

Smart Waste Management adalah suatu sistem pengelolaan sampah yang memanfaatkan teknologi, terutama *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence* (AI), untuk mengumpulkan dan mengolah data sampah dengan lebih efisien [6]. Sistem ini menawarkan sejumlah fitur utama yang memberikan dampak signifikan dalam peningkatan kinerja manajemen sampah perkotaan:

- a. Pengumpulan Data: Sensor-sensor ditempatkan di tempat sampah untuk terus-menerus mengukur tingkat pengisian. Informasi ini diteruskan ke layanan pengumpulan kota secara real-time, memberikan notifikasi ketika tempat sampah sudah penuh dan siap untuk dikosongkan. Hal ini memungkinkan respons cepat dan optimal dari pihak berwenang, mengurangi potensi kelebihan kapasitas dan memberikan solusi yang lebih proaktif terhadap manajemen sampah kota.
- b. Pengolahan Data: Dengan memanfaatkan teknologi berbasis Kecerdasan Buatan, sistem ini mampu mengolah data yang dikumpulkan dengan lebih pintar. Analisis tingkat lanjut memungkinkan identifikasi pola-pola yang muncul dari data sampah, membantu meningkatkan pemahaman tentang perilaku penggunaan tempat sampah, dan mengoptimalkan proses pengelolaan sampah secara keseluruhan.
- c. Optimasi: Data historis yang terkumpul dari sensor-sensor dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola pengisian tempat sampah. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan, sistem dapat mengoptimalkan rute dan jadwal pengemudi, sehingga mengurangi waktu dan biaya operasional. Ini tidak hanya menghasilkan efisiensi logistik, tetapi juga mendukung pengurangan dampak lingkungan melalui penggunaan sumber daya yang lebih efisien.

Melalui implementasi sistem *Smart Waste Management*, penanganan sampah dapat dioptimalkan dengan signifikan, menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih bersih, lebih efisien, dan lebih berkelanjutan. Teknologi ini mewujudkan transformasi dalam cara kita memandang dan mengelola limbah perkotaan, memberikan solusi yang lebih cerdas dan adaptif terhadap tantangan pengelolaan sampah masa kini.

2. *Internet Of Things*

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah bidang penelitian yang terus berkembang seiring dengan evolusi teknologi internet dan media komunikasi [8], [9]. Dalam mengoptimalkan kinerjanya, IoT memanfaatkan berbagai alat, seperti media sensor bertujuan memfasilitasi interaksi manusia dengan semua perangkat yang terhubung ke jaringan internet. Seiring dengan perkembangan IoT, terciptanya sebuah arsitektur yang mendukung fungsionalitas perangkat yang terhubung menjadi suatu keharusan. Arsitektur IoT sendiri terdiri dari beberapa komponen utama:

- a. *Things*: Representasi objek dalam IoT yang dilengkapi dengan sensor untuk mengumpulkan data dan aktuator untuk merespons atau melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima. Hal ini menciptakan ekosistem sensor yang memungkinkan perangkat berkomunikasi dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.
- b. *Gateways*: Berfungsi sebagai penghubung antara perangkat-perangkat IoT dengan bagian *cloud* dari solusi IoT. *Gateways* menyediakan konektivitas, memungkinkan *preprocessing* dan pemfilteran data sebelum data tersebut dipindahkan ke *cloud*. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan *bandwidth* tetapi juga memastikan bahwa data yang dikirimkan ke *cloud* relevan dan bermakna.
- c. Penerapan IoT: IoT telah mendapat penerapan luas dalam berbagai aplikasi dan dapat diimplementasikan dengan berbagai cara. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan IoT dalam membantu manusia, seperti dalam pelayanan informasi atau *customer service*, di mana teknologi ini memberikan solusi efisien dan responsif.

Penggabungan komponen-komponen ini dalam arsitektur IoT menciptakan lingkungan yang cerdas dan terkoneksi, memungkinkan interaksi yang lebih seamless antara manusia dan teknologi. Dengan demikian, IoT tidak hanya menjadi tren teknologi, tetapi juga menjadi fondasi untuk berbagai inovasi yang membawa dampak positif dalam berbagai sektor kehidupan sehari-hari.

3. *Sensor Load Cell*

Sensor Load Cell adalah perangkat khusus yang berfungsi mengubah beban atau gaya yang diterapkannya menjadi perubahan tegangan listrik. Prinsip kerja *Sensor Load Cell* didasarkan pada konsep transduksi, di mana gaya mekanis yang diterapkan pada sensor diubah menjadi sinyal listrik. Beberapa prinsip dasar yang menjadi pondasi *Sensor Load Cell* melibatkan elemen-elemen berikut:

- a. *Transducer: Load Cell*, yang sering disebut sebagai *transducer*, merupakan perangkat elektromekanis yang secara efektif mengubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik. Prinsip dasarnya melibatkan deformasi material akibat tekanan mekanis, dan inilah yang menjadi dasar untuk menghasilkan respons listrik.
- b. *Strain Gauge*: Sensor *Load Cell* dilengkapi dengan strain gauge, sebuah komponen elektronika yang memiliki peran kunci dalam mengukur tekanan. *Strain gauge* dikonfigurasi dalam bentuk jembatan *Wheatstone*, di mana perubahan resistansi yang terjadi sebagai respons terhadap beban, memberikan informasi yang akurat tentang gaya yang diterapkan.
- c. *Jembatan Wheatstone*: Prinsip jembatan *Wheatstone* melibatkan empat resistor yang dirangkai secara seri dan paralel. Konfigurasi ini memungkinkan deteksi perubahan resistansi, yang nantinya diinterpretasikan sebagai perubahan tegangan, memberikan data yang akurat tentang beban yang diterapkan pada Sensor *Load Cell*.
- d. *Material*: Sensor *Load Cell* dibuat dari berbagai bahan, seperti aluminium, baja, dan stainless steel. Pemilihan material ini mempertimbangkan kekuatan, daya tahan, dan karakteristik material yang sesuai dengan kebutuhan pengukuran beban.



Gambar 1. Load Cell

Gambar 1 adalah contoh gambar *Load Cell* yang Digunakan pada penelitian ini. Prinsip kerja Sensor *Load Cell* atau sensor beban mirip dengan cara timbangan digital beroperasi. Sensor ini memberikan keluaran dalam bentuk tegangan yang berubah sebagai respons terhadap perubahan resistansi yang muncul akibat pergeseran posisi penyangga beban. Perubahan ini kemudian dihasilkan sebagai keluaran pada amplifier, menyediakan data yang akurat dan andal tentang beban yang diterapkan pada sensor tersebut.

4. *Firebase*

Firebase adalah platform pengembangan yang awalnya dikenal dengan basis data waktu nyatanya [10]. *Firebase* adalah layanan milik Google yang memiliki berbagai fitur canggih yang akan membantu *developer* untuk pengembangan sisi *backend* sebuah aplikasi. *Firebase* alias *BaaS (Backend as a Service)* merupakan solusi yang ditawarkan oleh Google untuk mempercepat pekerjaan *developer*. Dengan menggunakan *Firebase*, *apps developer* bisa fokus dalam mengembangkan aplikasi tanpa memberikan *effort* yang besar untuk urusan *backend*.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Untuk mencapai tujuan penelitian, analisis dan perancangan IoT dilakukan dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)*. R&D memberikan landasan yang kokoh untuk merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan solusi inovatif yang relevan dengan kebutuhan pengguna dan konteks *Smart Waste Management*. Gambaran umum R&D dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Research and Development*

Metode R&D terdiri dari potensi & masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, revisi produk [11]. Penjelasan pada masing-masing tahap R&D yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Potensi dan Masalah

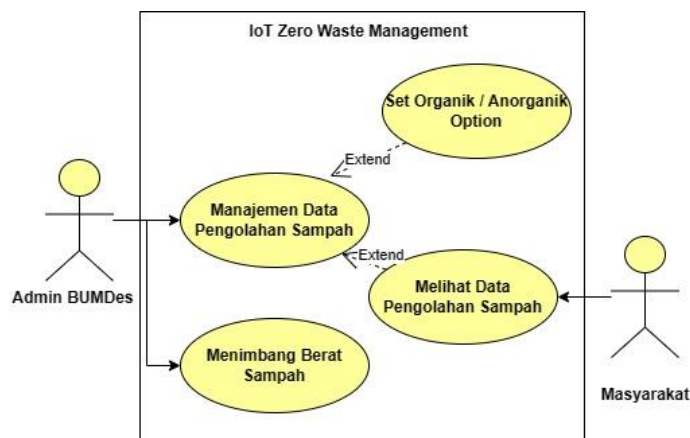
Desa Manyingsal, terletak di Kabupaten Subang, dianggap sebagai potensi studi kasus penelitian yang signifikan. Lingkungan desa ini masih geografisnya didominasi oleh lahan perkebunan, yang menghasilkan sejumlah besar sampah organik. Namun, dalam konteks ini, muncul permasalahan yang melibatkan kurangnya pemahaman masyarakat tentang cara mengelola sampah organik secara efektif tanpa menimbulkan dampak negatif tambahan. Kendala ini menciptakan dinamika menarik untuk studi kasus, di mana potensi penghasilan sampah organik tinggi harus sejalan dengan pendekatan yang lebih baik dalam pengelolaannya untuk mencegah dampak yang merugikan pada lingkungan dan kesehatan masyarakat.

2. Pengumpulan Data

Data yang dihimpun melalui penelitian ini mencakup pemahaman mendalam mengenai alur proses pengelolaan sampah di Desa Manyingsal serta mencerminkan tingkat kesiapan masyarakat dalam mengadopsi perubahan terhadap pengelolaan sampah. Kelompok masyarakat yang menunjukkan kesiapan tinggi untuk terlibat dalam inisiatif perubahan ini adalah anggota Pemberdayaan Kesejahteraan Keluarga (PKK) dan Taruna Desa Manyingsal. Melalui keterlibatan aktif kedua kelompok ini, dapat diidentifikasi potensi besar untuk mengimplementasikan solusi inovatif dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap praktik pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Selain itu, didapatkan data sampah organik yang akan dikelola berupa *ecoenzyme* dan kompos.

3. Desain Produk

Untuk mendukung kelancaran penelitian ini, dilakukan desain produk awal sebagai langkah kritis dalam perjalanan pengembangan. Desain produk awal ini bertujuan untuk menghasilkan kerangka dasar yang akan membentuk fondasi dari solusi yang diperlukan dalam pengelolaan sampah organik di Desa Manyingsal. Gambaran umum sistem *Smart Waste Management* untuk Desa Manyingsal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Use case Diagram

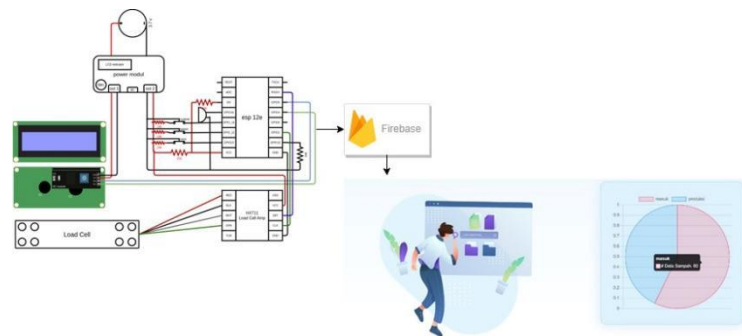
Use case manajemen data pengelolaan sampah ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan administrator (admin) dan masyarakat. Sebagai admin, pengguna dapat memasukkan data pengelolaan sampah dengan memilih kategori organik atau anorganik, menimbang berat sampah menggunakan perangkat timbangan terintegrasi, dan melihat secara terperinci data pengelolaan sampah, termasuk jenis sampah dan waktu pengelolaan. Masyarakat memiliki akses untuk melihat data pengelolaan sampah, memberikan transparansi terhadap keberlanjutan dan efisiensi pengelolaan sampah di wilayah mereka. Dalam hal keamanan, sistem memastikan bahwa hanya admin yang memiliki hak akses untuk mengelola dan memasukkan data, sedangkan masyarakat hanya dapat melihat informasi. Selain itu, sistem mencatat riwayat perubahan data untuk keperluan audit, dan admin dapat menerima notifikasi terkait perubahan signifikan dalam data pengelolaan sampah. Dengan fitur-fitur ini, sistem menciptakan solusi yang komprehensif dan terintegrasi untuk manajemen efisien data pengelolaan sampah. Selanjutnya, spesifikasi perangkat yang digunakan pada penelitian ini untuk tahap awal sebelum melakukan desain produk dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
 PERANGKAT YANG DIGUNAKAN

No	Perangkat	Fungsi
<i>Hardware</i>		
1.	NodeMCU ESP-12	NodeMCU ESP-12 dipilih sebagai otak utama sistem. Dengan kemampuan WiFi dan kemudahan penggunaan, NodeMCU ESP-12 memberikan konektivitas yang dibutuhkan untuk menghubungkan timbangan dengan jaringan IoT.

No	Perangkat	Fungsi
2.	Load Cell dan Modul HX711	Load cell digunakan sebagai sensor berat, sedangkan Modul HX711 berfungsi sebagai penguat sinyal dan konverter analog ke digital (ADC). Kombinasi ini memberikan ketelitian dan akurasi dalam pengukuran berat sampah organik.
4.	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	LCD digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan informasi berat sampah organik. Pengguna dapat melihat hasil pengukuran secara langsung melalui layar LCD.
5.	Button	Tombol digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan timbangan. Fungsionalitas tombol memastikan pengguna memiliki kontrol atas operasi perangkat.
6.	Modul Power Bank dan Baterai	Modul power bank dan baterai digunakan sebagai sumber daya cadangan untuk menjaga kontinuitas operasi timbangan. Ini memastikan bahwa timbangan tetap dapat berfungsi bahkan dalam kondisi listrik mati.
7.	Kabel Jumper	Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan secara fisik antara komponen-komponen di atas. Pemilihan kabel jumper yang tepat penting untuk memastikan koneksi yang stabil dan handal.
Software		
8.	Plugin Firebase	Plugin Firebase digunakan untuk mengintegrasikan aplikasi atau proyek pengembangan perangkat lunak dengan layanan Firebase sehingga dapat menampilkan informasi pengolahan sampah organik secara realtime melalui <i>website</i> .

Selanjutnya setelah alat dipersiapkan masuk ke tahap berikutnya yaitu desain produk timbangan berbasis IoT untuk pemantauan dan pengelolaan sampah organik pada *Smart Waste Management*. Hasil implementasi perangkat ke desain produk dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Produk IoT *Smart Waste Manafement*

4. Validasi Desain
5. Proses validasi desain diimplementasikan dengan mengonfirmasi kesesuaian desain produk kepada pihak desa. Melalui dialog aktif dan komunikasi terbuka dengan pihak Desa Manyingsal, kami memastikan bahwa desain produk yang diajukan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan harapan mereka. Hasil dari validasi desain ini mendapatkan penerimaan positif dari pihak Desa Manyingsal, menandakan bahwa produk yang dihasilkan telah melibatkan pemangku kepentingan secara efektif dan dapat diintegrasikan dengan baik dalam konteks lokal. Proses validasi ini menjadi langkah krusial dalam memastikan bahwa solusi yang dikembangkan benar-benar relevan dan dapat diterima oleh masyarakat yang menjadi fokus penelitian.
6. Revisi Desain
 Pada tahap ini, dikarenakan tidak ada revisi dari pihak desa, dilakukan persiapan untuk uji coba produk kepada pihak desa dengan cara melakukan uji produk yang dilakukan oleh tim pengembang.
7. Uji Coba Produk
 Berikutnya, untuk mengevaluasi kinerja perangkat yang digunakan, uji coba produk akan dilaksanakan oleh tim pengembang bersama-sama dengan partisipasi aktif dari masyarakat Desa Manyingsal. Tujuan dari uji coba ini adalah untuk mengidentifikasi potensi bug atau kekurangan yang mungkin terdapat pada produk IoT *smart waste management* yang telah dikembangkan. Melibatkan masyarakat dalam uji coba ini tidak hanya memberikan pandangan langsung dari pengguna akhir, tetapi juga memperhitungkan aspek-aspek kontekstual yang mungkin tidak

terdeteksi secara menyeluruh oleh tim pengembang. Dengan demikian, uji coba ini tidak hanya bertujuan untuk memastikan kinerja teknis yang optimal tetapi juga untuk menghasilkan solusi yang dapat diintegrasikan dengan baik dalam lingkungan masyarakat Desa Manyingsal.

8. Revisi Produk

Revisi produk yang dilakukan pada penelitian adalah menambahkan informasi berupa grafik bulanan hasil pengolahan sampah yang dilakukan. Setelah revisi produk, dilakukan implementasi dan pengujian yang dilakukan di Desa Manyingsal.

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada tahap ini, dilakukan implementasi IoT pada *Smart Waste Management* yang terdiri dari implementasi *hardware* dan *software* untuk mendukung spesifikasi IoT pada *Smart Waste Management*. Selain itu, uji coba produk yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan produk memiliki kemampuan yang andal untuk menimbang sampah maupun mencatat hasil timbangan sampah ke *Smart Waste Management*.

1. Implementasi Sistem

Dalam kondisi di mana timbangan dihidupkan, timbangan akan menampilkan informasi umum dan waktu pada layar LCD. Pengguna timbangan memiliki opsi untuk melakukan penimbangan secara manual atau otomatis. Ketika pengguna memilih opsi manual, data timbangan tidak akan langsung terkirim ke *Firebase*. Sebaliknya, pengguna perlu menekan tombol untuk menginisiasi pengiriman data. Di sisi lain, apabila pengguna memilih opsi otomatis, data akan secara otomatis terkirim ke *Firebase* setelah nilai timbangan mencapai kestabilan. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Layar Utama Pada Timbangan

Selanjutnya, pada Gambar 6, terlihat hasil perhitungan berat sampah organik yang telah ditimbang. Dalam tampilan tersebut, terdapat dua kondisi status timbangan yang dapat diidentifikasi. Pertama, ketika mesin masih melakukan proses perhitungan berat sampah organik, statusnya ditampilkan sebagai "belum stabil". Kondisi ini mengindikasikan bahwa nilai timbangan masih dalam perhitungan dan belum mencapai kestabilan. Kedua, setelah mesin menyelesaikan proses penimbangan, status timbangan berubah menjadi "stabil". Pada kondisi ini, nilai berat sampah organik yang ditampilkan dapat dianggap sebagai hasil yang akurat dan stabil setelah proses pengukuran. Informasi ini memberikan petunjuk kepada pengguna atau petugas pengelola sampah mengenai kapan data yang ditampilkan dapat diandalkan dan siap untuk dicatat atau diproses lebih lanjut yaitu pengiriman data ke *Firebase*.



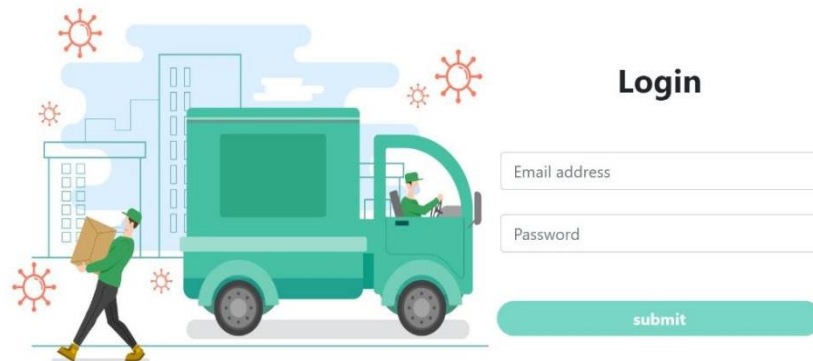
Gambar 6. Hasil Berat Yang Dideteksi Oleh Timbangan

Pada halaman awal, terdapat grafik yang memvisualisasikan hasil pengolahan sampah organik, dengan fokus pada jenis sampah seperti *ecoenzyme* dan kompos. Grafik ini memberikan gambaran visual yang jelas tentang kontribusi masyarakat Desa Manyingsal dalam mengelola sampah organik menjadi produk yang bernilai tambah. Melalui tampilan tersebut, masyarakat dapat dengan mudah memantau dan mengevaluasi efisiensi dari program *Smart Waste Management*. Selain itu, ketersediaan informasi mengenai hasil pengolahan sampah organik juga dapat menjadi sumber inspirasi dan pengetahuan bagi masyarakat dalam memanfaatkan produk-produk ramah lingkungan, seperti *ecoenzyme* dan kompos, untuk kebutuhan sehari-hari atau sebagai potensi pengembangan usaha lokal. Tampilan halaman awal *Smart Waste Management* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Awal *Smart Waste Management*

Mengakses fitur utama *Smart Waste Management*, petugas yang memiliki hak akses perlu *login* terlebih dahulu. Dengan melakukan *login*, petugas dapat memverifikasi identitas mereka dan mendapatkan izin untuk menjalankan fungsi-fungsi kunci seperti melihat hasil timbangan, mengelola status pemrosesan sampah organik, dan mengeksplorasi data historis. Proses *login* ini juga bertujuan untuk menjaga integritas dan kerahasiaan informasi yang terkait dengan pengelolaan sampah organik. Langkah-langkah *login* ini memastikan bahwa hanya petugas yang berwenang yang dapat mengakses dan mengelola data, menciptakan lingkungan kerja yang aman dan terkendali. Hal ini sejalan dengan prinsip-prinsip keamanan dan manajemen akses yang diterapkan dalam *Smart Waste Management*, menjadikan sistem ini lebih efektif dan dapat dipercaya dalam pengelolaan sampah organik di Desa Manyingsal. Halaman *login Smart Waste Management* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman *Login Smart Waste Management*

Pada halaman *dashboard Smart Waste Management*, petugas dapat dengan mudah memonitor perkembangan timbangan seiring waktu, memungkinkan mereka untuk melakukan evaluasi dan analisis yang lebih mendalam terkait pengelolaan sampah. Selain itu, dengan fitur yang memungkinkan perubahan status pemrosesan sampah organik, petugas dapat mengatur dan mengelola arah pengolahan sampah menuju *ecoenzyme* atau kompos sesuai dengan kebutuhan dan prioritas. Gambaran visual dari halaman *login Smart Waste Management* dapat ditemukan pada Gambar 9, memberikan pandangan yang jelas dan intuitif bagi petugas pengelola sampah organik terkait data dan fungsionalitas yang dapat diakses untuk mendukung keputusan dan tindakan yang lebih efisien.

No.	Tanggal	Kg	Time	Status
1	11/10/2023	7 kg	12.22	belum produksi
2	5/9/2023	2 kg	01.40	belum produksi
3	15/12/2023	11 kg	15.30	belum produksi
4	14/11/2023	6 kg	11.12	belum produksi
5	01/1/2023	9 kg	18.02	ekoenzim
6	15/10/2023	6.8 kg	21.12	kompos
7	11/11/2023	90 kg	11.12	belum produksi
8	28/01/2003	52 kg	08.00	belum produksi
9	21/12/2003	45 kg	11.12	belum produksi

Gambar 9. Halaman *Dashboard Smart Waste Management*

2. Pengujian Sistem

Memastikan bahwa IoT pada *Smart Waste Management* di Desa Manyingsal berfungsi dengan optimal, peneliti melakukan uji *blackbox* pada sistem. Uji *blackbox* ini dirancang untuk menguji fungsionalitas dan kinerja sistem tanpa memerhatikan detail internal dari implementasi atau struktur kode program. Hasil uji yang *blackbox* ini terangkum pada Tabel II.

TABEL III
 UJI BLACKBOX PADA IOT DI SMART WASTE MANAGEMENT

No	Perangkat	Fungsi	Hasil Uji
1.	Koneksi Wi-Fi	Memastikan ESP-12 dapat terhubung ke jaringan Wifi dengan sukses.	Sukses
2.	Pengukuran berat sampah	Memverifikasi kemampuan sistem untuk akurat mengukur berat sampah.	Sukses
4.	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	Menguji fungsi tampilan LCD dalam menampilkan informasi.	Sukses
5.	Keterhubungan dengan Cloud	Menyimulasikan pengiriman data ke <i>firebase</i> dan memastikan konektivitas yang handal	Sukses
6.	Antarmuka Pengguna	Mengevaluasi responsivitas dan kemudahan penggunaan antarmuka.	Sukses
7.	Responsivitas <i>Real-time</i>	Menguji responsivitas system terhadap perubahan berat sampah secara real-time	Sukses
8.	Integrasi <i>Hardware</i> dengan <i>Software</i>	Menguji integrasi antara perangkat dan perangkat lunak menyajikan informasi hasil berat yang diukur sama dengan data yang dikirim ke <i>firebase</i> .	Sukses
9.	Menguji keamanan <i>Smart Waste Management</i>	Menguji hak akses pada halaman <i>login</i> dan hanya pengguna yang memiliki hak akses yang dapat mengakses fungsional	Sukses
10.	Menampilkan informasi takaran <i>ecoenzyme</i>	Menampilkan informasi takaran gula (gram) dan air (L) sesuai dengan berat sampah organik yang akan diproses.	Sukses

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan implementasi *Smart Waste Management* berbasis *Internet of Things* (IoT) di Desa Manyingsal, Kabupaten Subang, sebagai solusi inovatif dalam mengelola sampah organik. Melalui integrasi teknologi sensor dan konektivitas IoT, sistem timbangan yang dikembangkan mampu memberikan pemantauan real-time terhadap berat sampah organik, memungkinkan petugas pengelola untuk mengambil keputusan yang lebih efisien. Uji *blackbox* yang dilakukan menegaskan fungsionalitas dan kinerja sistem, memastikan bahwa *Smart Waste Management* beroperasi dengan baik dan responsif terhadap dinamika sampah organik. Keseluruhan, solusi ini memberikan kontribusi signifikan dalam mencapai tujuan pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan di tingkat lokal.

Dengan adanya implementasi ini, diharapkan masyarakat Desa Manyingsal dapat lebih aktif terlibat dalam pengelolaan sampah organik, menciptakan lingkungan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan. Solusi ini juga memberikan dasar untuk pengembangan sistem serupa di berbagai konteks untuk mendukung upaya global menuju keberlanjutan dan efisiensi dalam pengelolaan sampah.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) serta Kosabangsa yang telah memberikan dukungan dan dana untuk penelitian ini. Keberhasilan dan kemajuan penelitian ini tidak terlepas dari kontribusi besar dari pihak-pihak tersebut.

REFERENSI

- [1] B. Wiryono and E. Sinthia Dewi, "PENGELOLAAN SAMPAH ORGANIK DI LINGKUNGAN BEBIDAS," 2020. [Online]. Available: <http://www.lintauditomo.multiply.c>
- [2] S. Hasna Zulfa, I. Irawati, and A. Buchari, "PENGELOLAAN SAMPAH ORGANIK DI KOTA BANDUNG : SUATU STUDI TENTANG EFEKTIVITAS PROGRAM KANGPISMAN DI KELURAHAN SUKAMISKIN."
- [3] A. Salamah, R. Kusumanto, and J. Teknik Elektro -Politeknik Negeri Sriwijaya, "SISTEM MONITORING VOLUME DAN BERAT SAMPAH PADA ALAT PEMILAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN APLIKASI BLYNK," *JURNAL TELISKA*, vol. 16, no. 3, 2023, doi: 10.5281/zenodo.8207096.
- [4] S. Osa Novantri and U. Yusmaniar Oktiawati, "Rancang Bangun Pemantauan Kadar Gas Metana pada Pengolahan Sampah Organik Berbasis IoT Menggunakan Microcontroller ESP32," *JuLIET*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [5] I. yolia dewi Widayanti, J. Maulindar, and Nurchim, "PERANCANGAN SISTEM SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK BERBASIS MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN SENSOR PROXIMITY," *INFOTECH journal*, vol. 9, no. 1, pp. 207–214, May 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.5345.
- [6] H. Jurnal, R. Hermawan, I. Matin Pajar Ihwana, D. Fitriani, and D. R. Adhy, "SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEMS," *JUMIKA*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [7] H. Mukhtar, D. Perdana, P. Sukarno, and A. Mulyana, "Sistem Pemantauan Kapasitas Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum Bojongsong Kabupaten Bandung IoT-Based Trash Capacity Monitoring System (SiKaSiT) for Prevention of Floods in Citarum River Bojongsong Bandung."

- [8] H. Yomeldi, "Decision Making in Internet of Things (IoT) : A Systematic Literature Review," *ITEJ Juli-2020*, vol. 5, no. 1.
- [9] F. Susanto, N. Komang Prasiani, and P. Darmawan, "IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI," Online, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/imagine>
- [10] R. G. Guntara, "*Firebase* Realtime Database Untuk Aplikasi Point of Sales UMKM Berbasis *Cloud* Computing Pada Smartphone Android," 2022.
- [11] Y. Hana, S. Wahyu K, R. Utami, L. Wijayanti, A. Wilda, and F. Najikhah, "PENERAPAN MEDIA POP UP BOOK TERHADAP MINAT BACA SISWA KELAS IV SDN 3 KARANGBENER," pp. 481–489, 2023, [Online]. Available: <https://e-journal.naurendigiton.com/index.php/mj>