



## *Smart Dustbin Based on Internet of Things (IoT) Information System Using Telegram*

### *Smart Dustbin Berbasis Internet of Things (IoT) Sistem Informasi Menggunakan Telegram*

Santi Damayanti<sup>1\*</sup>, Zeni Muhammad Noer<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik informatika, STMIK DCI Tasikmalaya, Indonesia

E-Mail: santidamayanti2016@gmail.com<sup>1</sup>, stmikdcizeni@gmail.com<sup>2</sup>

Received Nov 5th 2024; Revised Dec 30th 2024; Accepted Jan 22th 2025; Available Online Jan 30th 2025, Published Jan 30th 2025

Corresponding Author: Santi Damayanti

Copyright © 2025 by Authors, Published by Institut Riset dan Publikasi Indonesia (IRPI)

#### Abstract

Waste management has become a significant challenge in urban areas due to limited trash bin capacity, public indiscipline in disposing of waste, and inefficient monitoring systems. This study aims to develop a Smart Dustbin system based on the Internet of Things (IoT) integrated with the Telegram application to enhance waste management efficiency. The system is equipped with automatic opening and closing features, automatic sorting of organic and inorganic waste, and real-time notifications to sanitation workers when the trash bin reaches near-full capacity. The research method includes requirements analysis, system design, implementation using Arduino IDE and NodeMCU ESP8266, and system testing. Testing results indicate that ultrasonic sensors accurately detect trash bin capacity, and Telegram notifications are sent with an average response time of 1-2 seconds. Additionally, the automatic sorting feature successfully separates organic and inorganic waste, effectively supporting the recycling process. In conclusion, the IoT-based Smart Dustbin significantly improves operational efficiency in waste management while raising public awareness about the importance of environmental cleanliness. The implementation of this system can serve as a sustainable solution to support modern waste management in the era of smart cities.

Keyword: Automatic Waste Sorting, Internet of Things, Smart Dustbin, Telegram.

#### Abstrak

Masalah pengelolaan sampah menjadi tantangan utama di masyarakat perkotaan akibat kapasitas tempat sampah yang terbatas, ketidaksiplinan masyarakat dalam membuang sampah, dan sistem pemantauan yang kurang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *smart dustbin* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan integrasi aplikasi Telegram untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Sistem ini dilengkapi dengan fitur buka-tutup otomatis, pemilahan sampah organik dan anorganik secara otomatis, serta notifikasi real-time kepada petugas kebersihan ketika kapasitas tempat sampah hampir penuh. Metode penelitian mencakup analisis kebutuhan, perancangan, implementasi menggunakan Arduino IDE dan NodeMCU ESP8266, serta pengujian sistem. Pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi kapasitas tempat sampah dengan akurasi tinggi, dan notifikasi Telegram dikirim dengan waktu respons rata-rata 1-2 detik. Selain itu, fitur pemilahan otomatis berhasil memisahkan sampah organik dan anorganik, mendukung proses daur ulang secara efektif. Kesimpulannya, *smart dustbin* berbasis IoT ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dalam pengelolaan sampah, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya kebersihan lingkungan. Implementasi sistem ini dapat menjadi solusi berkelanjutan dalam mendukung pengelolaan sampah modern di era kota pintar (*smart city*).

Kata kunci: Internet of Things, Pemilahan Sampah Otomatis, Smart Dustbin, Telegram

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan urbanisasi, pengelolaan sampah menjadi tantangan yang semakin kompleks bagi masyarakat perkotaan [1]. Tempat-tempat umum seperti taman, jalan raya, dan pusat perbelanjaan seringkali menjadi titik-titik penumpukan sampah yang menyebabkan pemandangan tidak sedap dan berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan [2]. Masalah pengelolaan sampah ini diperburuk oleh terbatasnya kapasitas tempat sampah, ketidaksiplinan

masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya, serta sistem pemantauan dan pengangkutan sampah yang kurang efisien. Sebagai Upaya untuk mengatasi permasalahan ini, teknologi IoT dapat menjadi solusi yang inovatif dan efisien. IoT memungkinkan pengelolaan sampah secara otomatis dengan memanfaatkan sensor-sensor cerdas yang dapat mendeteksi tingkat keterisian tempat sampah, mengirimkan notifikasi saat tempat sampah penuh, hingga memungkinkan pemantauan secara real-time oleh petugas kebersihan [3]. Hal ini dapat mengurangi frekuensi pengangkutan sampah yang tidak perlu, sehingga meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi emisi karbon yang dihasilkan dari armada pengangkut sampah yang beroperasi berlebihan [4].

Masalah pengelolaan sampah menjadi tantangan utama di kawasan perkotaan akibat kapasitas tempat sampah yang terbatas, ketidakdisiplinan masyarakat dalam membuang sampah, serta kurangnya efisiensi dalam sistem pemantauan dan pengangkutan sampah [5]. Kondisi ini sering kali mengakibatkan tumpukan sampah yang mencemari lingkungan, meningkatkan risiko kesehatan, serta menciptakan pemandangan yang tidak sedap. Salah satu akar masalah adalah minimnya penerapan teknologi yang dapat memonitor kondisi tempat sampah secara real-time dan memberikan solusi efisien terhadap pengelolaan sampah [6]. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan memanfaatkan teknologi IoT. Dengan pengembangan sistem tempat sampah pintar yang dilengkapi fitur otomatisasi dan pemantauan *real-time*, diharapkan dapat mengurangi keterlambatan dalam penanganan sampah serta mendukung proses daur ulang yang lebih baik [7].

Salah satu inovasi yang dikembangkan adalah *smart dustbin* berbasis IoT yang terintegrasi dengan sistem informasi berbasis aplikasi Telegram [8]. Dengan aplikasi ini, informasi terkait kondisi tempat sampah dapat secara langsung diteruskan kepada petugas kebersihan, sehingga mereka dapat mengetahui waktu yang tepat untuk melakukan pengosongan tempat sampah. Sistem informasi berbasis Telegram ini berfungsi sebagai antarmuka yang efisien untuk memantau kondisi tempat sampah dan mempermudah proses pengelolaan sampah di lapangan, tanpa memerlukan perangkat khusus yang sulit diakses atau berbiaya tinggi [9], [10]. Tidak hanya itu, *smart dustbin* ini juga dilengkapi dengan fitur otomatisasi buka tutup yang berfungsi untuk meminimalisir kontak fisik, terutama pada masa pandemi di mana kebersihan menjadi prioritas utama. Otomatisasi ini juga dapat mencegah sampah berceceran atau tercampur satu sama lain di luar tempat sampah, yang seringkali terjadi akibat kesalahan pengguna atau tiupan angin. Dengan mekanisme ini, sampah dapat lebih terjaga kebersihannya dan tetap berada di dalam tempat yang telah disediakan [11].

Kebutuhan akan pengelolaan sampah yang lebih efisien di era urbanisasi dan pertumbuhan populasi yang pesat membuat penelitian ini sangat penting. Karena petugas harus memeriksa kapasitas tempat sampah secara manual, sistem pengelolaan sampah konvensional seringkali memakan waktu dan sumber daya yang banyak. Hal ini meningkatkan biaya operasional dan menyebabkan emisi karbon yang tidak perlu [12].

Sistem *smart dustbin* ini juga dirancang dengan kemampuan pemilahan otomatis antara sampah organik dan anorganik, yang sangat penting dalam mendukung proses daur ulang dan pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan. Pemilahan sampah sejak awal dapat mengurangi kontaminasi antar jenis sampah dan mempermudah proses pengolahan limbah di tempat pembuangan akhir atau fasilitas daur ulang [13]. Hal ini sesuai dengan upaya global untuk mengurangi dampak lingkungan dari sampah yang tidak terkelola dengan baik dan mendorong terciptanya lingkungan yang lebih hijau dan sehat. *Smart dustbin* ini dilengkapi dengan fitur pesan ucapan terima kasih yang disampaikan kepada masyarakat saat mereka membuang sampah. Pesan ini dirancang untuk memberikan apresiasi dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya kebersihan lingkungan. Dengan memberikan apresiasi kecil ini, diharapkan masyarakat akan semakin termotivasi untuk membuang sampah di tempat yang disediakan serta menjadi lebih peduli terhadap kebersihan di sekitar mereka. Upaya sederhana ini diharapkan dapat meningkatkan disiplin masyarakat dalam menjaga kebersihan dan mendukung lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

Pendekatan IoT dipilih karena kemampuannya untuk menyediakan data *real-time*, otomatisasi proses, dan integrasi sistem yang lebih baik dibandingkan metode manual atau konvensional. IoT memungkinkan pengelolaan tempat sampah berbasis sensor yang dapat mendeteksi kapasitas sampah secara akurat dan mengirimkan notifikasi langsung ke petugas kebersihan melalui aplikasi Telegram [14]. Metode ini lebih unggul dibandingkan dengan pendekatan tradisional karena dapat mengurangi intervensi manusia, meningkatkan efisiensi waktu, dan meminimalkan kesalahan operasional. Selain itu, IoT mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen kota pintar (*smart city*), menjadikannya solusi yang relevan untuk masalah pengelolaan sampah modern [15].

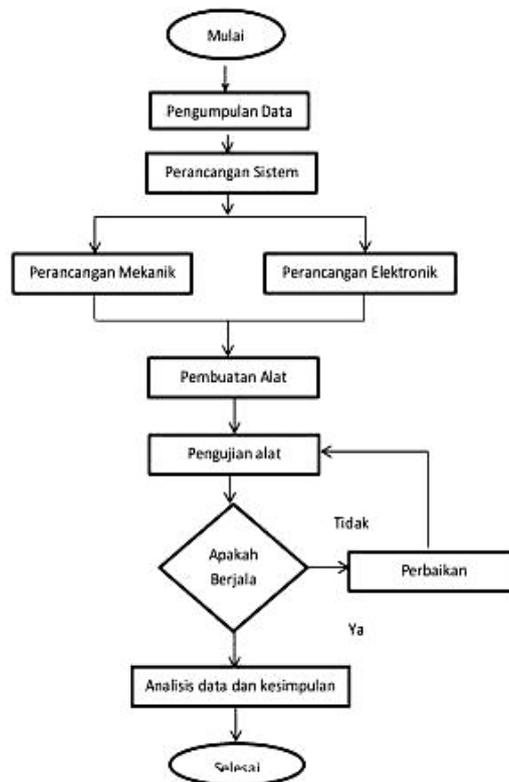
Beberapa penelitian sebelumnya terkait pengelolaan sampah berbasis teknologi telah dilakukan diantaranya pengembangan tempat sampah pintar berbasis IoT untuk perumahan, tetapi sistem ini kurang mendukung pemilahan sampah otomatis. Sistem hanya berfokus pada notifikasi penuh tanpa integrasi fitur tambahan seperti buka-tutup otomatis [16]. Perancangan *prototype* tempat sampah pintar berbasis IoT dilakukan menggunakan Arduino uno sebagai mikrokontroler yang melakukan pengambilan data dari sensor-sensor yang mendeteksi setiap jenis sampah [17]. Perancangan *Smart Trash* menuju smart city berbasis IoT pada Perumahan Royalindo Residence dengan memberikan informasi apabila kotak sampah telah penuh sehingga mencegah penumpukan sampah yang menjadi penyebab terjadinya bibit penyakit [18]. Aplikasi

pendeteksi jenis sampah berbasis android yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman Kotlin dan pembelajaran mesin, dan dikembangkan menggunakan metode pengembangan SDLC *Waterfall* [19]. Mengembangkan sistem pemantauan sampah sistematis untuk membantu petugas kebersihan mengatur waktu untuk memantau dan mengambil sampah dari tempat sampah [20].

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi dan efektivitas dari *smart dustbin* berbasis IoT yang dilengkapi dengan sistem informasi menggunakan Telegram. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis peran otomatisasi dalam meminimalisir percampuran sampah dan mendukung proses pemilahan sampah secara otomatis. Dengan menggunakan teknologi ini, diharapkan dapat dicapai efisiensi yang lebih tinggi dalam pengelolaan sampah serta mendukung pencapaian tujuan-tujuan keberlanjutan lingkungan, terutama dalam konteks kota pintar (*smart city*). Melalui studi ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengelolaan sampah yang inovatif, efisien, dan berwawasan lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian terdiri dari langkah-langkah yang diambil selama penelitian untuk memastikan bahwa proses berlangsung secara sistematis dan terarah dan untuk mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data, perancangan, pembuatan alat, pengujian, dan analisis hasil sistem adalah semua metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan data dan informasi yang akurat. Berikut ini adalah alur metodologi penelitian yang digunakan.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan implementasi sistem yang berfokus pada pengembangan *smart dustbin* berbasis IoT dengan integrasi sistem informasi menggunakan aplikasi Telegram. Prosedur penelitian meliputi beberapa tahapan utama sebagai berikut:

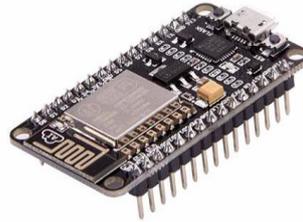
### 2.1. Analisis Kebutuhan

Tahap ini melibatkan identifikasi komponen-komponen yang diperlukan, seperti perangkat keras (NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, sensor proximity, motor servo, dan modul DFPlayer Mini) dan perangkat lunak (Arduino IDE, Fritzing, dan Telegram sebagai antarmuka).

#### 2.1.1 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah modul *development board* yang didasarkan pada chip ESP8266 dengan firmware berbasis e-Lua. Modul ini menyediakan sebuah micro USB port yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat ke komputer untuk melakukan pemrograman, serta sebagai sumber daya untuk

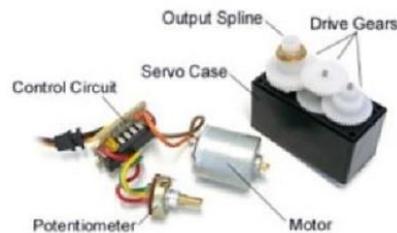
memberikan tegangan ke modul. NodeMCU juga dilengkapi dengan dua tombol push button, yaitu tombol reset dan tombol flash. Tombol reset digunakan untuk mereset modul ke kondisi awal (*default*) saat pertama kali dihidupkan, sementara tombol flash digunakan untuk mengupdate firmware pada modul. Modul NodeMCU memiliki banyak pin I/O yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat eksternal, seperti sensor, aktuator, dan lain-lain. Modul ini juga memiliki fitur WiFi yang dapat digunakan untuk terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan perangkat lain yang juga terhubung ke internet [21].



**Gambar 2.** NodeMCU ESP8266

### 2.1.2 Motor Servo

Motor servo adalah jenis motor DC yang menggunakan sistem umpan balik tertutup untuk membantu mengendalikan posisi rotor dengan tepat. Motor servo terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol, dan potensiometer. Motor DC merupakan sumber daya yang menggerakkan rotor pada motor servo, sementara serangkaian gear membantu mengurangi kecepatan rotor dan meningkatkan torsi yang dihasilkan. Rangkaian kontrol merupakan bagian yang mengendalikan posisi rotor motor servo, sementara potensiometer merupakan sensor yang membantu mengukur posisi rotor dan memberikan umpan balik ke rangkaian kontrol. Motor servo biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan posisi yang tepat dan kontrol yang halus, seperti robotik, sistem automasi, dan lain-lain [22].



**Gambar 3.** Motor Servo

### 2.1.3 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi adanya benda di sekitarnya. Sensor ini biasanya terdiri dari sebuah transduser yang dapat mengirimkan dan menerima gelombang suara, sebuah mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengolah sinyal, dan sebuah layar atau indikator yang menampilkan hasil pengukuran [23].



**Gambar 4.** Sensor Ultrasonik

### 2.1.4 Sensor Infrared Type E18-D80NK

Sensor infrared tipe E18-D80NK adalah sebuah sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya suatu objek. Sensor ini menggunakan inframerah (IR) sebagai sumber cahaya untuk mendeteksi adanya objek di depannya [24].



**Gambar 5.** *Sensor Infrared*

### 2.1.5 Sensor Proximity Inductive

Sensor *Proximity Inductive* adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya benda logam atau benda yang memiliki sifat konduktif di dekatnya. Sensor ini menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk mendeteksi adanya benda tersebut [25].



**Gambar 6.** *Proximity Inductive*

### 2.1.6 Sensor Proximity Capacitive

Sensor *proximity Capacitive* adalah sebuah sensor yang dapat mendeteksi adanya benda konduktif maupun benda non-konduktif di dekatnya. Sensor ini menggunakan prinsip kapasitansi (daya muat) untuk mendeteksi adanya benda tersebut. Cara kerja sensor proximity kapasitif adalah dengan mengirimkan sinyal elektrik ke arah benda yang ingin dideteksi [25].



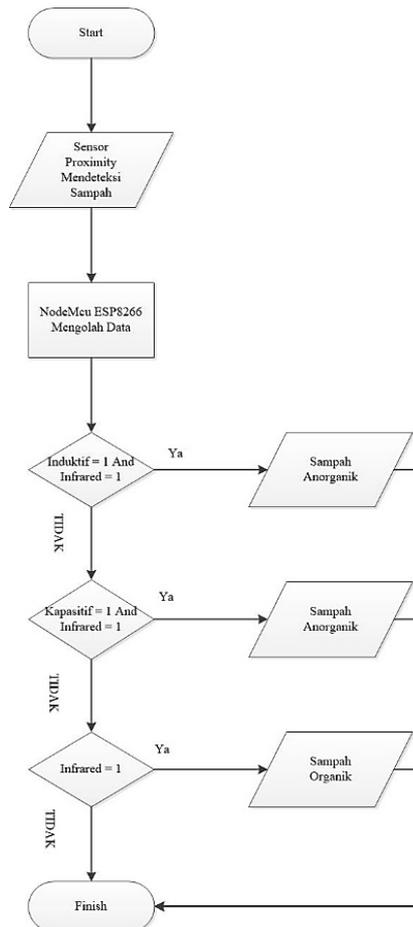
**Gambar 7.** *Proximity Capacitive*

## 2.2. Perancangan Sistem

Rancangan sistem dibuat untuk menguraikan interaksi antara komponen, dengan menampilkan desain mekanik dan elektronik yang diperlukan agar sistem dapat berjalan sesuai fungsi. Desain juga mencakup flowchart untuk menggambarkan alur buka-tutup otomatis dan pemilahan sampah secara otomatis, perancangan sistem dapat ditunjukkan pada gambar 8.

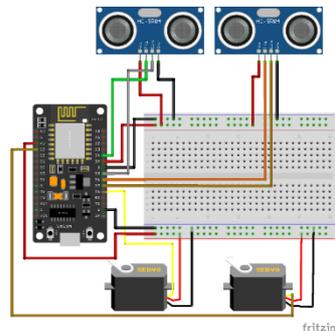
Sistem pengelolaan sampah pada diagram alur dimulai dengan pendeteksian sampah oleh sensor proximity, yang bertugas mengidentifikasi keberadaan sampah yang masuk. Setelah terdeteksi, data dari sensor tersebut diproses oleh NodeMcu ESP8266 untuk menentukan jenis sampah berdasarkan input dari sensor-sensor lain, yaitu sensor induktif, kapasitif, dan infrared. Jika sensor induktif dan infrared aktif secara bersamaan, maka sampah diklasifikasikan sebagai anorganik. Sebaliknya, jika sensor kapasitif dan infrared aktif, sampah juga dikategorikan sebagai anorganik dengan karakteristik tertentu. Untuk sampah organik, klasifikasi dilakukan jika hanya sensor infrared yang aktif, sementara sensor lain tidak memberikan input.

Hasil dari proses pengolahan data tersebut digunakan untuk mengarahkan sampah ke kategori yang sesuai, yaitu organik atau anorganik, sehingga memudahkan pengelolaan lebih lanjut. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi sensor yang cerdas, memungkinkan proses identifikasi sampah dilakukan dengan cepat dan akurat. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pemisahan sampah yang lebih baik.



**Gambar 8.** Flowchart Sistem Buka Tutup Sampah Otomatis

### 2.2.1 Sensor Ultrasonik dan Motor servo

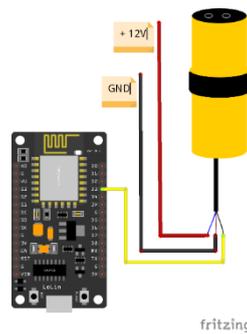


**Gambar 9.** Perancangan Sensor Ultrasonik dan Motor Servo

Gambar 9 di atas menunjukkan rangkaian elektronik yang dirancang untuk sistem pengelolaan sampah berbasis IoT. Rangkaian ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan dua sensor ultrasonik (HC-SR04) dan dua motor servo. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi jarak atau keberadaan objek, dalam hal ini sampah, dengan membaca pantulan gelombang suara yang dikirimkan dan diterima oleh sensor. Kedua sensor ultrasonik ini dihubungkan ke NodeMCU untuk mengirimkan data jarak yang terdeteksi.

NodeMCU memproses data yang diterima dari sensor dan mengontrol dua motor servo yang terhubung dalam rangkaian. Motor servo digunakan untuk menggerakkan mekanisme fisik, seperti membuka atau menutup penutup tempat sampah berdasarkan data yang diterima dari sensor. Semua komponen terhubung melalui breadboard yang berfungsi sebagai media koneksi sementara untuk kabel dan pin-pin komponen, sehingga memudahkan proses pengujian dan pengembangan. Kombinasi komponen ini membentuk sistem otomatisasi yang efektif dalam mendukung pengelolaan sampah secara cerdas.

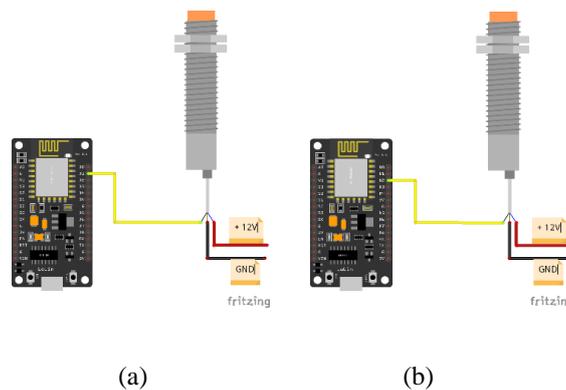
### 2.2.2 Sensor Infrared



**Gambar 10.** Perancangan Sensor Infrared

Rangkaian sensor infra merah yang terhubung pada NodeMCU dirancang untuk mendeteksi keberadaan objek, seperti sampah, yang melewati jalur pengamatan sensor. Sensor infra merah ini bekerja berdasarkan prinsip pengiriman dan penerimaan cahaya inframerah. Ketika sebuah objek berada di depan sensor, sinyal inframerah yang dipancarkan oleh LED infra merah akan dipantulkan kembali dan diterima oleh fotodiode atau penerima pada sensor tersebut.

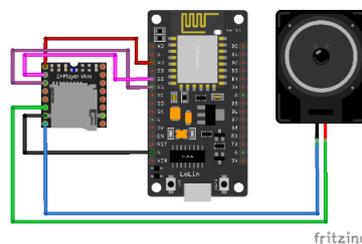
### 2.2.3 Sensor Proximity



**Gambar 11.** Perancangan Sensor Proximity : (a) Sensor Proximity Capacitive (b) Sensor Proximity Inductive

Gambar 11(a) menampilkan sensor proximity kapasitif yang dapat mendeteksi objek berbahan konduktif dan dielektrik tanpa kontak fisik. Sedangkan gambar 11(b) menampilkan sensor proximity induktif yang khusus mendeteksi objek berbahan logam melalui perubahan medan magnet.

### 2.2.4 DFPlayers Mini dan Sound

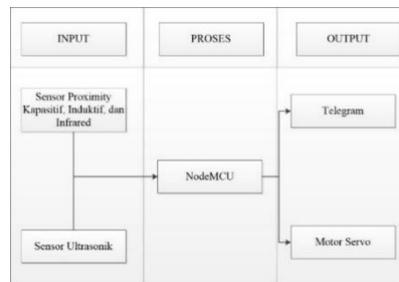


**Gambar 12.** Perancangan DFPlayers Mini dan Sound

Gambar 12 menunjukkan perancangan sistem audio menggunakan DFPlayer Mini yang dikendalikan oleh ESP8266 untuk menghasilkan output suara melalui speaker. DFPlayer Mini adalah modul pemutar audio MP3 yang dapat membaca file dari kartu microSD dan dikendalikan melalui komunikasi serial dengan ESP8266. ESP8266 mengontrol DFPlayer Mini dengan mengirimkan perintah melalui antarmuka komunikasi serial. Speaker terhubung langsung ke DFPlayer Mini untuk menghasilkan output suara. Sistem ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti pemberitahuan suara, sistem alarm, atau pemutaran pesan otomatis.

### 2.3. Implementasi Sistem

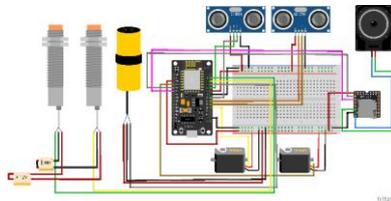
Pada tahap ini, komponen-komponen elektronik dirakit sesuai dengan rancangan. Sistem ini diprogram menggunakan Arduino IDE, dengan kode untuk mengatur pembukaan otomatis, deteksi kapasitas sampah, serta komunikasi data dengan aplikasi Telegram.



**Gambar 13.** Konsep Dasar Sistem

Sistem yang digambarkan dalam diagram terdiri dari tiga komponen utama, yaitu input, proses, dan output. Pada tahap input, sistem menggunakan berbagai sensor, seperti sensor proximity, kapasitif, induktif, inframerah, dan ultrasonik. Sensor-sensor ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan, jenis, dan volume sampah yang masuk ke dalam sistem. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut kemudian diteruskan ke NodeMCU sebagai pusat pengolahan data.

NodeMCU bertugas memproses data dari sensor untuk menentukan tindakan selanjutnya. Hasil proses ini menghasilkan dua jenis output, yaitu pengiriman notifikasi melalui aplikasi Telegram dan pengendalian motor servo. Notifikasi melalui Telegram memungkinkan petugas kebersihan menerima informasi secara real-time terkait status tempat sampah, seperti tingkat keterisian. Sementara itu, motor servo digunakan untuk menjalankan mekanisme fisik, seperti membuka atau menutup tempat sampah secara otomatis, sesuai dengan instruksi yang dihasilkan dari analisis NodeMCU. Kombinasi komponen ini menciptakan sistem pengelolaan sampah yang cerdas, efisien, dan mendukung teknologi berbasis IoT.



**Gambar 14.** Rangkaian sistem

Hasil pemrosesan data oleh NodeMCU kemudian dikirimkan melalui jaringan IoT menggunakan konektivitas Wi-Fi. Sistem ini terhubung dengan aplikasi Telegram untuk memberikan notifikasi real-time kepada petugas kebersihan, seperti informasi tentang tempat sampah yang sudah penuh atau status lainnya. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan motor servo yang diaktifkan berdasarkan sinyal dari NodeMCU untuk mengontrol pembukaan dan penutupan tutup tempat sampah secara otomatis. Integrasi antara sensor, NodeMCU, dan perangkat output ini memungkinkan pengelolaan sampah yang lebih efisien, *real-time*, dan ramah lingkungan, dengan mengurangi pengangkutan sampah yang tidak perlu dan meningkatkan akurasi pemisahan jenis sampah.

### 2.4. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai rancangan. Pengujian meliputi kinerja sensor ultrasonik untuk mengukur kapasitas sampah, motor servo untuk membuka-tutup tempat sampah, serta fungsi notifikasi Telegram yang memberikan informasi kapasitas sampah secara real-time kepada petugas kebersihan, data hasil uji coba ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Data hasil uji coba

No	Fitur yang Diuji	Input	Ekspektasi Output	Hasil Uji	Status
1	Deteksi Kapasitas Sampah	Tempat sampah terisi hingga 80%	Sensor ultrasonik mendeteksi keterisian dan mengirim notifikasi ke Telegram	Notifikasi terkirim	Berhasil

No	Fitur yang Diuji	Input	Ekspektasi Output	Hasil Uji	Status
2	Pengiriman Notifikasi ke Telegram	Kapasitas terdeteksi penuh	Notifikasi terkirim ke Telegram dalam waktu kurang dari 2 detik	Notifikasi diterima tepat waktu	Berhasil
3	Otomatisasi Buka-Tutup Tempat Sampah	Tangan mendekati sensor proximity	Tutup tempat sampah terbuka otomatis	Tutup terbuka	Berhasil
4	Penutupan Otomatis Tutup Tempat Sampah	Tidak ada gerakan terdeteksi oleh sensor dalam 5 detik	Tutup tempat sampah menutup secara otomatis	Tutup tertutup	Berhasil
5	Pemilahan Sampah	Sampah organik dimasukkan	Sampah organik dipilah ke kompartemen yang sesuai	Sampah terpilah	Berhasil
6	Pemilahan Sampah	Sampah anorganik dimasukkan	Sampah anorganik dipilah ke kompartemen yang sesuai	Sampah terpilah	Berhasil
7	Fitur Apresiasi	Sampah dibuang ke dalam tempat sampah	Pesan ucapan terima kasih ditampilkan atau berbunyi	Pesan apresiasi muncul	Berhasil
8	Kinerja Sensor di Luar Ruangan	Kondisi hujan ringan	Sensor ultrasonik mendeteksi kapasitas dengan akurasi	Deteksi terganggu	Gagal (butuh perbaikan)

Hasil uji coba yang ditunjukkan pada Tabel 1 menghasilkan beberapa informasi bahwa secara keseluruhan fitur dari rancang bangun *smart dustbin* berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Namun ada beberapa hal yang perlu dikembangkan yakni kinerja sensor di luar ruangan yang tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan, masih ada kendala terkait hal tersebut dan perlu inovasi untuk menutupi kekurangan dari *smart dustbin* yang dirancang.

**Tabel 2.** Data hasil pengujian keterisian sampah

No	Kondisi Keterisian Sampah	Indikator Output	Aksi yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Kosong	Lampu indikator hijau menyala	Tidak ada notifikasi dikirim	Tidak ada notifikasi	Berhasil
2	Terisi 50%	Lampu indikator kuning menyala	Tidak ada notifikasi dikirim	Tidak ada notifikasi	Berhasil
3	Terisi 80%	Lampu indikator merah menyala	Notifikasi terkirim ke Telegram	Notifikasi terkirim	Berhasil
4	Penuh	Lampu indikator merah berkedip	Notifikasi terkirim ke Telegram	Notifikasi terkirim	Berhasil

Hasil uji coba keterisian sampah pada *smart dustbin* (tabel 2) menunjukkan hasil yang optimal sesuai dengan harapan. Pengujian ini memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi keterisian sampah dengan tepat dan memberikan *output* sesuai kondisi. Lampu indikator digunakan sebagai penanda visual untuk keterisian tempat sampah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian terhadap *smart dustbin* berbasis IoT yang dilengkapi dengan sistem informasi menggunakan Telegram, diperoleh sejumlah hasil yang menunjukkan efektivitas alat ini dalam mendukung pengelolaan sampah. Analisis hasil pengujian diuraikan sebagai berikut:

#### 3.1. Kapasitas Sensor dan Pengiriman Notifikasi Real-Time

Sistem *smart dustbin* ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik yang dirancang untuk mendeteksi tingkat keterisian tempat sampah. Pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mengukur volume sampah secara akurat, dengan kesalahan deteksi yang sangat minimal. Ketika kapasitas tempat sampah telah mencapai ambang batas tertentu (misalnya 80% terisi), sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram kepada petugas kebersihan. Pengiriman notifikasi ini memiliki waktu respon yang cepat, berkisar antara 1-2 detik setelah kapasitas terdeteksi penuh. Hal ini memungkinkan petugas kebersihan untuk melakukan penanganan segera tanpa harus mengecek tempat sampah secara manual, sehingga dapat mengurangi keterlambatan dalam pengangkutan sampah dan menghindari tumpukan sampah yang dapat mencemari lingkungan.

#### 3.2. Efektivitas Fitur Otomatisasi Buka-Tutup Tempat Sampah

Fungsi buka-tutup otomatis yang dikendalikan oleh motor servo memberikan kontribusi dalam meminimalkan kontak fisik antara pengguna dan tempat sampah. Pengujian menunjukkan bahwa motor servo

bekerja secara responsif, dengan waktu buka-tutup yang cepat dan efisien. Ketika tangan pengguna mendekati sensor proximity yang terletak di bagian atas tempat sampah, motor servo akan membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Setelah sampah dibuang, tutup akan menutup kembali secara otomatis dalam waktu yang singkat. Fitur ini sangat relevan dalam menjaga kebersihan serta mendukung protokol kesehatan, khususnya di tempat-tempat umum yang sering digunakan oleh banyak orang. Selain itu, fungsi otomatis ini juga membantu mencegah sampah dari tercecer atau terhempas keluar oleh tiupan angin, sehingga area sekitar tempat sampah tetap bersih dan rapi.

### 3.2. Kinerja Fitur Pemilahan Sampah Otomatis

Salah satu fitur utama yang menjadi inovasi pada *smart dustbin* ini adalah kemampuan untuk memilah sampah secara otomatis antara sampah organik dan anorganik. Fitur ini menggunakan sensor proximity inductive dan capacitive yang mampu membedakan jenis material sampah. Berdasarkan hasil uji coba, fitur pemilahan otomatis ini berfungsi dengan baik, di mana sampah organik dan anorganik terpisahkan ke kompartemen masing-masing sesuai jenisnya. Fitur ini sangat bermanfaat dalam mendukung proses daur ulang karena sampah sudah dipilah sejak awal, sehingga tidak perlu melalui proses pemisahan manual yang memakan waktu dan tenaga. Kemampuan pemilahan otomatis juga berperan dalam meningkatkan kualitas sampah yang akan didaur ulang, karena sampah anorganik tidak terkontaminasi oleh sampah organik, dan sebaliknya. Hal ini membantu dalam mengurangi dampak negatif sampah terhadap lingkungan dan mendukung keberlanjutan pengelolaan limbah.

### 3.4. Peningkatan Kesadaran Pengguna Melalui Fitur Pesan Terima Kasih

Dalam rangka meningkatkan partisipasi masyarakat terhadap kebersihan, *smart dustbin* ini dilengkapi dengan fitur pesan ucapan terima kasih yang akan berbunyi setiap kali pengguna membuang sampah pada tempatnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fitur ini dapat berfungsi dengan baik dan menarik perhatian pengguna. Secara psikologis, apresiasi sederhana seperti ucapan terima kasih memiliki dampak positif pada perilaku masyarakat, mendorong mereka untuk lebih sadar dan disiplin dalam membuang sampah. Penggunaan pesan positif ini mampu menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan teratur serta meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam menjaga kebersihan area sekitar. Dalam jangka panjang, fitur ini diharapkan mampu membentuk kebiasaan baik pada masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya.

### 3.5. Efisiensi Operasional dalam Pengelolaan Sampah

Sistem *smart dustbin* yang terintegrasi dengan IoT dan Telegram ini berhasil meningkatkan efisiensi dalam operasional pengelolaan sampah. Sebelum adanya sistem ini, petugas kebersihan harus memeriksa tempat sampah secara berkala, yang memakan waktu dan sumber daya. Dengan adanya notifikasi otomatis, pengelolaan sampah menjadi lebih efisien, karena petugas hanya perlu datang ketika tempat sampah sudah penuh atau membutuhkan penanganan. Ini tidak hanya menghemat waktu dan tenaga, tetapi juga mengurangi biaya operasional yang dikeluarkan untuk pengelolaan sampah. Efisiensi ini juga berdampak pada pengurangan emisi karbon yang dihasilkan dari perjalanan pengangkutan sampah yang tidak perlu, mendukung keberlanjutan lingkungan.

### 3.6. Keterbatasan dan Tantangan Teknis yang Ditemui

Meskipun sistem ini menunjukkan performa yang memuaskan, terdapat beberapa tantangan teknis yang ditemukan selama proses pengujian. Salah satunya adalah sensitivitas sensor ultrasonik terhadap lingkungan sekitar. Sensor ini terkadang memberikan pembacaan yang tidak akurat ketika terpapar oleh kondisi lingkungan yang berubah-ubah, seperti hujan atau angin kencang, terutama pada tempat sampah yang diletakkan di luar ruangan. Selain itu, kendala koneksi internet pada beberapa titik juga menjadi tantangan yang mempengaruhi pengiriman notifikasi Telegram secara real-time. Ketika sinyal internet lemah, terdapat keterlambatan dalam pengiriman pesan ke petugas kebersihan, yang dapat mempengaruhi responsibilitas sistem. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut untuk mengatasi kendala ini, seperti dengan menambahkan pelindung sensor atau memperkuat jaringan internet di area yang kurang stabil.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sampah berbasis IoT yang dirancang mampu mendeteksi dan mengelompokkan jenis sampah secara otomatis menggunakan kombinasi sensor proximity, induktif, kapasitif, inframerah, dan ultrasonik. Sistem ini memanfaatkan NodeMCU sebagai pusat pengendali yang mengintegrasikan data sensor dan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram kepada petugas kebersihan. Dengan adanya sistem ini, pengelolaan sampah menjadi lebih efisien, real-time, dan ramah lingkungan, sesuai dengan tujuan penelitian untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pemisahan sampah yang lebih akurat. Selain itu, penggunaan motor servo untuk membuka dan menutup tempat sampah secara otomatis menunjukkan inovasi yang mendukung kebersihan dan kenyamanan penggunaan. Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sistem ini hanya diuji dalam

skala laboratorium atau lingkungan terbatas sehingga belum menggambarkan kinerja di lingkungan nyata dengan berbagai kondisi yang lebih kompleks, seperti faktor cuaca, interferensi sinyal, atau variasi jenis sampah yang lebih luas. Kedua, konsumsi daya perangkat belum menjadi perhatian utama dalam penelitian ini, yang berpotensi menjadi tantangan dalam implementasi jangka panjang. Ketiga, sistem ini belum dilengkapi dengan mekanisme pengolahan data secara terpusat untuk mendukung analitik lebih lanjut, seperti pola pengisian tempat sampah atau prediksi kebutuhan pengangkutan sampah.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji sistem ini dalam skala yang lebih besar dengan berbagai kondisi lingkungan nyata guna memastikan kinerja yang konsisten. Selain itu, penting untuk mengembangkan sistem manajemen daya agar perangkat dapat beroperasi secara efisien dalam jangka waktu yang lebih lama. Penambahan fitur pengolahan data terpusat berbasis *cloud* dapat menjadi nilai tambah untuk mendukung analitik prediktif dan pelaporan yang lebih mendalam. Dengan demikian, sistem ini dapat lebih optimal dan siap untuk diimplementasikan secara luas dalam mendukung pengelolaan sampah perkotaan.

## REFERENSI

- [1] R. Darni *et al.*, “Smart Eco Waste Hub Berbasis IoT : Mendorong Green Economy di Limau Manis Selatan,” *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusantara.*, vol. 6, no. 1, pp. 2273–2281, 2024.
- [2] M. Mursalin, “Evaluasi Kebijakan Pengelolaan Sampah Perkotaan dalam Meningkatkan Kualitas Lingkungan Makassar,” *Jiic*, vol. 1, no. 9, pp. 4831–4840, 2024, [Online]. Available: <https://jicnusantara.com/index.php/jiic/article/view/1376>
- [3] A. F. Pradana, “Project IoT sederhana Tempat Sampah Otomatis Berbasis NodeMCU,” Universitas Semarang, 2023.
- [4] A. S. Tanjung, “Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Kelurahan Bumi Waras,” *J. Ilm. Univ. Batang Hari*, vol. 22, no. 2, pp. 986–990, 2022.
- [5] M. Hardito, A. Pitoyo, and N. Rahardjo, “Studi perilaku pengelolaan sampah di Kapanewon Mlati, Kabupaten Sleman,” *J. Pengelolaan Lingkung. Berkelanjutan (Journal Environ. Sustain. Manag.*, pp. 99–117, Apr. 2024, doi: 10.36813/jplb.8.1.99-117.
- [6] D. A. Ayutantri, J. Dedy Irawan, and S. A. Wibowo, “Penerapan IoT (Internet of Things) Dalam Pembuatan Tempat Sampah Pintar Untuk Rumah Kos,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 115–124, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3263.
- [7] N. Hanafi, A. W. Yulianto, and A. E. Rakhmania, “Implementation of Wireless Sensor Network on Smart Trash Bins Using LoRa With AES128 Algorithm ( Case Study : Mentari Waste Bank Panceng Gresik ),” *J. Jar. Telekomun.*, vol. 14, no. 1, pp. 92–101, 2024.
- [8] H. Mukhtar, D. Perdana, P. Sukarno, and A. Mulyana, “Pemanfaatan Aplikasi Telegram dan Internet of Things Pada Sistem Pemantauan Kapasitas Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum,” *J. Infotekjar*, vol. 4, no. 2, pp. 123–130, 2022, doi: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/infotekjar/article/view/3639>.
- [9] A. Wafi, H. Setyawan, and 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, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3134.
- [10] A. Bachri and A. Uddin, “Rancang Bangun Sistem Smart Parking Berbasis Internet Of Things (IoT),” *J. El Sains*, vol. 5, no. 2, pp. 7–12, 2023, doi: <https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/EL-SAINS/article/view/9338>.
- [11] L. Sri Andar Muni and C. Dewi Lestari, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar (Smartbin) Dengan Notifikasi Smartbin Based Design With Notification,” *J. Tek. Logistik dan Mater.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2021.
- [12] M. Yunus, “Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino,” *Proceeding STIMA*, vol. 1, no. 1, pp. 340–343, 2018.
- [13] S. N. Djabir, Wahidah, and S. Wahyuni, “Design and Build A Portable Smart Trash With Metal & Non Metal Separator,” *Eng. Technol. Int. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 116–120, 2022.
- [14] S. Siswanto, T. Nurhadiyan, and M. Junaedi, “Prototipe Smart Home Dengan Konsep Iot (Internet of Thing) Berbasis Nodemcu Dan Telegram,” *J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 85–93, 2020, doi: 10.47080/simika.v3i1.850.
- [15] A. Pangestu, A. Ziky Iftikhor, Damayanti, M. Bakri, and M. Alfarizi, “Sistem Rumah Cerdas Berbasis Iot Dengan Mikrokontroler Nodemcu Dan Aplikasi Telegram,” *Jtikom*, vol. 1, no. 1, pp. 8–14, 2020.
- [16] B. Yoseph Bhae, V. Opa, and K. Jago Tute, “Aplikasi Tempat Sampah Pintar Dengan Notifikasi Menggunakan Telegram (Studi Kasus Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Ende),” *J. JUPITER*, vol. 15, no. 1, pp. 287–296, 2023.
- [17] H. Jusuf, M. L. Ichsan Ma’ruf, and I. Kusuma, “Perancangan Prototipe Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things,” *Jutisi J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 11, no. 3, p. 807, 2022, doi: 10.35889/jutisi.v11i3.1017.
- [18] R. Febrianto, A. Jayadi, Y. Rahmanto, and S. Styawati, “Perancangan Smart Trash Menuju Smart City

- Berbasis Internet of Things,” *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 25–34, Sep. 2022, doi: 10.33365/jtikom.v3i1.1633.
- [19] S. P. Simbolon and R. Maulany, “Perancangan Aplikasi Pendeteksi Jenis-jenis Sampah Berbasis Android,” *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 926–935, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i3.1337.
- [20] S. N. S. A. Tarmizi, N. N. S. N. Dzulkefli, R. Abdullah, S. I. Ismail, and S. Omar, “Internet of things-based garbage monitoring system integrated with Telegram,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 32, no. 3, pp. 1370–1377, 2023, doi: 10.11591/IJEECS.V32.I3.PP1370-1377.
- [21] A. Deshmukh, V. Batule, V. Nivangune, T. Borkar, and R. . Anami, “Wi-fi Control Robot using ESP 8266 NodeMCU,” *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, 2024, doi: 10.56726/irjmets50879.
- [22] P. Sinaga, J. Enri, and A. S. Handayani, “Rancang Bangun Kontrol Air Conditioner Otomatis Menggunakan Algoritma Propotional Integral Derivative ( PID ) Berbasis Internet of Things,” *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 2094–2101, 2024, doi: 10.47065/bits.v6i3.5690.
- [23] Y. Pernando and Y. Roza, “Perancangan Prototype Kapal Untuk Monitoring Sensor Ultrasonik,” *J. Sensi*, vol. 9, no. 2, pp. 131–140, 2022, doi: 10.33050/sensi.v9i2.2907.
- [24] N. V. A. Simanjuntak, Y. S. Saragih, M. Hutasoit, and B. A. H. Siboro, “Pemilihan Jenis Infrared Temperature Sensor Untuk Pembuatan Prototype Untouchable Door Handle Dengan Multicriteria Decision Making,” *J. Keilmuan Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 9, no. 3, 2021, doi: <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v9i3.10524>.
- [25] A. Nastro *et al.*, “Inductive Sensor Based on Micromachined Coil for Conductive Target Detection,” *IEEE Sensors Lett.*, vol. PP, pp. 1–4, Aug. 2024, doi: 10.1109/LESENS.2024.3426102.