

# Perancangan dan Implementasi Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT

1<sup>st</sup> M. Rayhan Efendi

*School of Electrical Engineering  
Telkom University  
Bandung, Indonesia*

[rayhanefendi@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:rayhanefendi@student.telkomuniversity.ac.id)

2<sup>nd</sup> Sofia Naning Hertiana

*School of Electrical Engineering  
Telkom University  
Bandung, Indonesia*

[sofiananing@telkomuniversity.ac.id](mailto:sofiananing@telkomuniversity.ac.id)

3<sup>rd</sup> Sussi

*School of Electrical Engineering  
Telkom University  
Bandung, Indonesia*

[sussiss@telkomuniversity.ac.id](mailto:sussiss@telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak** — Sampah yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi untuk membantu pengelolaan sampah secara efektif dan efisien. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mendeteksi jenis sampah (organik dan anorganik), memantau kapasitas, serta mengidentifikasi kondisi pembusukan secara *real-time*. Sistem ini menggunakan berbagai sensor seperti sensor *proximity* (induktif, kapasitif, dan inframerah), sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu DHT11, dan sensor gas MQ-4, yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Data dari sensor dikirim ke aplikasi bank sampah menggunakan *REST API*, memungkinkan pengguna memantau status tempat sampah melalui *smartphone*. Motor servo secara otomatis membuka partisi sampah berdasarkan jenis sampah yang terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki akurasi tinggi pada pengukuran kapasitas dan suhu, dengan nilai *delay* 22,189 ms dan *jitter* 0,424 ms, sesuai standar TIPHON. Namun, klasifikasi jenis sampah masih memiliki keterbatasan dengan tingkat akurasi 70%. Sistem ini menawarkan pendekatan inovatif untuk mendukung pengelolaan sampah rumah tangga secara digital dan ramah lingkungan dengan integrasi teknologi IoT.

**Kata kunci**— IoT, tempat sampah pintar, ESP32, sensor proximity, pengelolaan sampah.

## I. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan saat ini. Dilansir dari data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022 hasil input dari 202 kabupaten atau kota di seluruh Indonesia menjabarkan terkait jumlah timbunan sampah nasional telah mencapai angka 21,1 juta ton. Terdapat total produksi sampah nasional berjumlah 65,71% (13,9 juta ton) sampah yang dapat dikelola, lalu terdapat 34,29% (7,2 juta ton) sampah yang belum dikelola dengan baik [1]. Sampah yang belum terkelola dengan baik akan menjadi timbunan sampah yang membahayakan masyarakat sekitar. Timbunan sampah akan membawa dampak negatif seperti terjadinya pencemaran seperti banjir, pencemaran udara maupun pencemaran air [2]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengelolaan sampah membutuhkan solusi yang mampu

mengurangi timbunan sampah. Salah satunya yaitu melalui pengelolaan bank sampah dan menghadirkan tempat sampah pintar berbasis IoT.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Internet of Things (IoT)

*Internet of Things* (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet untuk mengirim, menerima, dan memproses data secara otomatis. Dalam konteks pengelolaan sampah, IoT menjadi solusi efektif untuk menciptakan sistem pemantauan dan kontrol yang dapat diakses secara *real-time* tanpa keterlibatan manusia secara langsung.

### B. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sistem berdaya rendah dan dilengkapi dengan *Wi-Fi* yang memiliki kecepatan yang tinggi serta terdapat fitur *Bluetooth Low Energy* yang dilengkapi dengan dua mode, sehingga perangkat lainnya tidak perlu untuk menghubungkan perangkat lainnya agar menghemat biaya dan ruang dari ESP32 [3].

### C. Sensor Proximity

Sensor *proximity* adalah sensor yang mampu melakukan pendekslsian terhadap objek ketika objek tersebut mendekati batas deteksi sensor [4]. Sensor jarak sering dimanfaatkan dalam berbagai aspek pembuatan, salah satunya untuk mendekslsikan sampah organik dan anorganik. Berdasarkan jenisnya terdapat 3 jenis sensor *proximity* yang digunakan yaitu sensor *proximity infrared* E18-D80NK dalam pendekslsian benda terhadap jarak tertentu dengan memanfaatkan metode pantulan sinar inframerah serta keakuratan respon yang baik.

Adapun jenis selanjutnya yaitu sensor *proximity* induktif NJK-5002D yang berfungsi untuk pendekslsian benda logam yang mengandung besi dan logam yang non besi [5]. Serta terdapat sensor *proximity* kapasitif LJC18A3 yang digunakan untuk mendekslsikan benda tanpa melakukan kontak fisik, sehingga sensor ini mampu mendekslsikan objek logam dan non logam seperti kayu, plastik dan lain-lain, dengan memanfaatkan prinsip kapasitansi dalam melakukan

pendeksi objek kecil serta menggunakan konstanta pada tingkat dielektrik yang berbeda [6].

#### D. Sensor Kapasitas, Suhu, dan Gas

Untuk mengetahui volume sampah, digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang bekerja dengan prinsip pantulan gelombang suara untuk mengukur jarak antara sampah dan sensor. Sensor ini mampu memberikan estimasi ketinggian sampah dalam partisi secara akurat.

Sementara itu, sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan dalam partisi organik. Jika suhu melebihi  $30^{\circ}\text{C}$ , sistem mengindikasikan terjadinya pembusukan. Sensor MQ-4 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas metana yang merupakan produk pembusukan sampah organik. Jika konsentrasi gas melebihi 600 ppm, maka sistem akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi pengguna.

### III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam merancang tempat sampah pintar yang mampu mendeteksi jenis sampah, kapasitas, serta tingkat pembusukan secara otomatis. Metode ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, pengintegrasian dengan aplikasi, dan pengujian sistem secara menyeluruh.

#### A. Desain Sistem



GAMBAR 1  
Desain Akhir Perancangan Tempat Sampah Pintar

Tempat sampah pintar dirancang memiliki dua partisi utama, yaitu organik dan anorganik. Masing-masing partisi dilengkapi dengan sensor dan aktuator yang dikendalikan secara otomatis melalui mikrokontroler ESP32. Tujuan desain ini adalah agar sampah dapat dikenali berdasarkan karakteristik materialnya, lalu diarahkan ke partisi yang sesuai, dan status kondisi tempat sampah dapat dipantau secara *real-time*.

#### B. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini meliputi:

- ESP32: pusat pengendali utama sistem dan penghubung ke internet via WiFi.

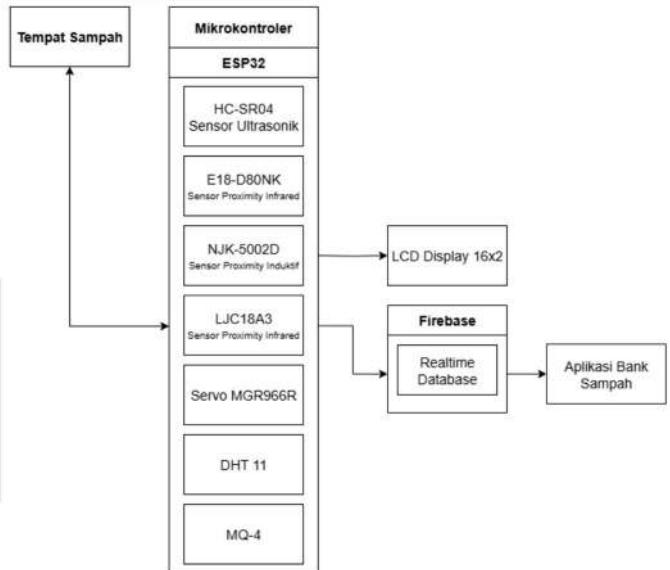
- Sensor *Proximity*: terdiri dari sensor induktif (untuk material logam), kapasitif (untuk non-logam), dan infrared (untuk keberadaan objek).
- Sensor HC-SR04: digunakan untuk mengukur kapasitas atau tinggi sampah di setiap partisi.
- Sensor DHT11: mengukur suhu dan kelembapan partisi organik.
- Sensor MQ-4: mendeteksi gas metana sebagai indikator pembusukan.
- Motor Servo MGR996R: membuka tutup tempat sampah secara otomatis sesuai jenis sampah.
- LCD 16x2 I2C: menampilkan status alat dan hasil deteksi secara lokal.
- *Power Supply* 12V 5A dan *Step-Down* LM2596: sebagai sumber daya dan pengatur tegangan yang stabil.

#### C. Perangkat Lunak (*Software*)

Pengembangan perangkat lunak terdiri dari dua bagian:

1. *Firmware* ESP32: dikembangkan menggunakan Arduino IDE. Program utama menggunakan logika kondisi untuk membaca sensor dan mengontrol motor servo. Fungsi *millis()* digunakan untuk pembacaan berkala tanpa *blocking*.
2. Aplikasi Bank Sampah: dikembangkan menggunakan *Flutter*. Aplikasi ini menampilkan data dari sensor (kapasitas, suhu, gas), serta menyediakan fitur *scan* sampah, transaksi, dan pemantauan saldo pengguna.

#### D. Implementasi sistem



GAMBAR 2  
Blok diagram Implementasi Sistem Aplikasi dan Tempat Sampah Pintar

Pada gambar 2 Adapun proyek ini merupakan penggabungan dari berbagai sistem mulai dari *hardware*, dan *software* yang saling terintegrasi untuk mampu mengelola data yang berisikan informasi tentang kapasitas dan jenis sampah, serta mampu memberikan informasi secara langsung atau *real-time* ke pengguna melalui *platform digital*. Realisasi akhir dari penelitian ini yaitu kombinasi dari perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu

ESP32 sebagai pusat pengendalian, sensor ultrasonik berperan dalam pendekripsi kapasitas dalam tempat sampah, sensor suhu dan gas yang berfungsi dalam pendekripsi tingkat pembusukan sampah yang terjadi, dan motor servo sebagai penggerak dari tutup tempat sampah pintar.

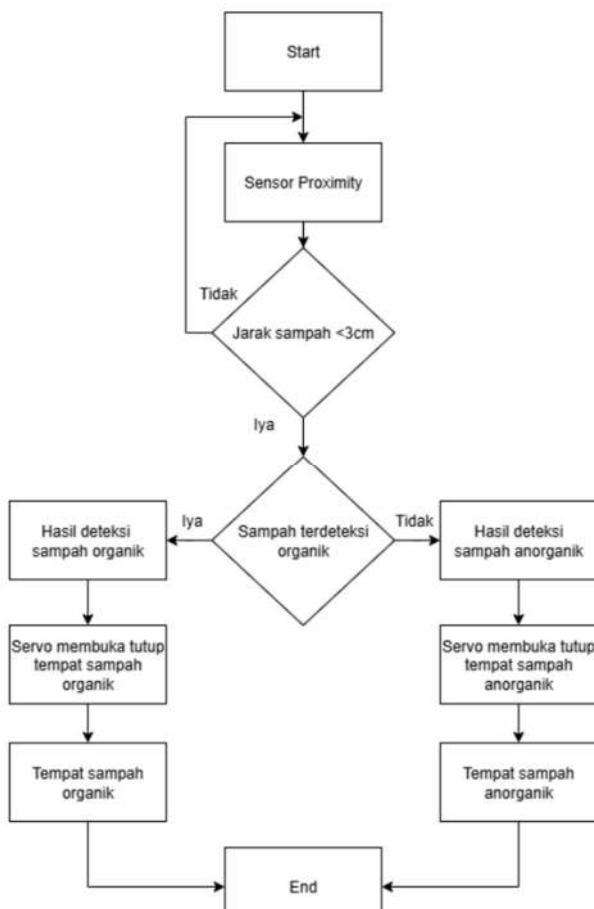
Dalam proses implementasi, adapun prosedur yang dilewati itu berasal dari perancangan sistem perangkat keras yang akan digunakan, seperti pemasangan komponen utama mikrokontroler, sensor dan servo tempat sampah. Lalu, data yang didapatkan dari hasil pemantauan dari kapasitas tempat sampah dan pembusukan sampah ini akan dikirimkan ke *platform IoT* agar dapat ditampilkan secara *real-time*. Pengujian terhadap sistem ini dilakukan agar memastikan proses integrasi antar perangkat keras dan lunak ini berjalan dengan baik. Adapun hasil akhir yang didapatkan yaitu tempat sampah pintar memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi jenis sampah dan mampu melakukan pemantauan jenis sampah secara otomatis yang berdampak pada peningkatan efisiensi dalam proses pengelolaan sampah, mampu mempermudah pengguna ketika melakukan aktivitas pemantauan kondisi tempat sampah dengan hanya mengakses aplikasi yang telah terintegrasi.

yang dideteksi oleh sensor memiliki bahan anorganik maka motor servo akan membuka tutup sampah anorganik secara otomatis, begitu pun sistem yang terjadi pada sampah organik, ketika sensor berhasil mendekripsi jenis sampah organik, maka motor servo secara otomatis akan menggerakkan tutup sampah organik.

#### E. Implementasi Perangkat Terhadap Objek



GAMBAR 4  
Membuang Sampah di Tempat Sampah Pintar



GAMBAR 3  
Flowchart Identifikasi Jenis Sampah Organik dan Anorganik

Pada Gambar 3 menjelaskan bagian sensor pendekripsi jenis sampah, sensor *proximity* akan mendekripsi sampah yang didekatkan pada sensor. Setelah itu, sensor akan memproses hasil deteksi tersebut untuk mengenali jenis sampah organik atau anorganik. Selanjutnya bila sampah

Pada gambar 4 pengguna mendekatkan sampah ke sensor *proximity*. Servo motor akan membuka tutup tempat sampah sesuai dengan jenis sampah yang telah terdeteksi pada sensor *proximity*. Setelah tutup tempat sampah telah terbuka secara otomatis, pengguna dapat membuang sampah pada tempatnya.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sistem tempat sampah pintar berbasis IoT menunjukkan bahwa perangkat mampu menjalankan fungsi deteksi, klasifikasi, dan pemantauan sampah secara *real-time* sesuai dengan rancangan. Pada pengujian sensor *proximity*, kombinasi sensor induktif, kapasitif, dan inframerah mampu mengidentifikasi jenis sampah dengan akurasi rata-rata 90% untuk pembacaan material, meskipun akurasi klasifikasi jenis material organik dan anorganik secara keseluruhan hanya mencapai 70% karena adanya kesalahan pembacaan pada material dengan karakteristik mirip, seperti plastik berlapis aluminium. Sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mengukur kapasitas partisi menunjukkan hasil yang konsisten dengan selisih rata-rata hanya 0,342 cm dibandingkan tinggi sebenarnya, yang setara dengan tingkat akurasi di atas 97%. Sensor DHT11 berhasil memantau suhu di dalam partisi organik, dengan notifikasi otomatis yang dikirim ke aplikasi saat suhu melebihi ambang batas 30°C. Sementara itu, sensor MQ-4 mampu mendekripsi peningkatan gas metana hingga di atas 600 ppm, yang menandakan adanya proses pembusukan.

Kinerja pengiriman data dari ESP32 ke server melalui *REST API* diuji menggunakan parameter QoS (*Quality of Service*) TIPHON. Hasil pengujian menunjukkan nilai *delay* rata-rata sebesar 22,189 ms dan *jitter* sebesar 0,424 ms, yang keduanya termasuk kategori “sangat bagus” menurut standar TIPHON. Data yang terkirim dapat ditampilkan pada aplikasi bank sampah berbasis *Flutter* secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau status kapasitas, suhu, dan gas pembusukan dari jarak jauh. Integrasi sistem IoT ini juga

memungkinkan pencatatan riwayat pembuangan sampah secara otomatis di aplikasi, yang dapat dimanfaatkan oleh pengelola untuk analisis pola pembuangan.

Secara keseluruhan, sistem ini mampu memberikan kontribusi nyata dalam proses pemilahan dan pemantauan sampah, meskipun masih terdapat kelemahan pada akurasi klasifikasi jenis sampah tertentu. Potensi pengembangan di masa mendatang adalah penerapan algoritma *machine learning* untuk pengolahan data sensor yang lebih cerdas, serta penambahan modul kamera untuk mendukung deteksi visual guna meningkatkan akurasi klasifikasi.

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi jenis sampah, mengukur kapasitas, dan memantau pembusukan secara *real-time*. Integrasi sensor *proximity* (induktif, kapasitif, dan inframerah), sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu DHT11, dan sensor gas MQ-4 dengan mikrokontroler ESP32 memungkinkan sistem untuk mengirimkan data ke aplikasi bank sampah melalui *REST API* secara efektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki tingkat akurasi di atas 97% dengan selisih rata-rata 0,342 cm, sedangkan klasifikasi jenis sampah menggunakan sensor *proximity* memiliki akurasi sekitar 90% untuk pembacaan material dan 70% untuk klasifikasi organik-anorganik secara keseluruhan. Kinerja komunikasi data juga tergolong sangat baik berdasarkan standar TIPHON dengan *delay* rata-rata 22,189 ms dan *jitter* 0,424 ms.

Sistem ini dapat menjadi solusi inovatif untuk membantu masyarakat dan pengelola sampah dalam proses pemilahan dan pemantauan sampah yang lebih efisien. Namun, untuk meningkatkan kinerja klasifikasi jenis sampah, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan menerapkan metode pengolahan data yang lebih cerdas seperti *machine*

*learning* atau *computer vision*. Selain itu, desain perangkat dapat dioptimalkan agar lebih tahan terhadap lingkungan luar dan penggunaan jangka panjang.

## REFERENSI

- [1] P. Kemenko, “7,2 Juta Ton Sampah di Indonesia Belum Terkelola Dengan Baik,” Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia. Accessed: Sep. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.kemenkopmk.go.id/72-juta-ton-sampah-di-indonesia-belumterkelola-dengan-baik>
- [2] P. Saptomo, “Dampak Tempat Pembuangan Dan Penampungan Sampah Akhir (Tpa) Terhadap Lingkungan Masyarakat Sekitar,” vol. 7 nomor 2, pp. 5717– 5722, 2024.
- [3] I. Ruslianto, U. Ristian, H. Hasfani, and K. Sari, “Rekayasa Sistem Fotosintesis dan Ekosistem pada,” *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2023.
- [4] A. Prayetno, “Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno,” Politeknik Negeri Bangkalis, 2021. doi: 10.35447/jikstra.v3i1.355.
- [5] I. D. Rahman and M. A. Auliq, “Prototype Alat Pemilah dan Penghancur Sampah Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3 Sebagai Bahan Pupuk Organik,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 6, pp. 245–254, 2024, [Online]. Available: <http://103.242.78.149/index.php/ELKOM/article/view/22318/4935>
- [6] M. Tegar Janaki, “Rancang bangun tempat sampah pemilah otomatis berbasis arduino uno dengan sensor proximity,” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2024.