

# SISTEM MONITORING DAN PENGELOLAAN SAMPAH BERBASIS IOT DAN CLOUD MENGGUNAKAN GOOGLE FIREBASE PADA TEMPAT SAMPAH PINTAR

Made Wira Prayoga<sup>1</sup>, Bagus Gede Krishna Yudistira<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Ganesha; 67 Jalan Ahmad Yani 81116

## Keywords:

Internet of Things (IoT);  
Tempat Sampah Pintar;  
Sensor Ultrasonik; Firebase;  
Telegram Bot.

## Correspondent Email:

wiraprayoga0627@gmail.com



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**Abstrak.** Permasalahan pengelolaan sampah yang tidak efisien masih menjadi tantangan serius di berbagai daerah, terutama karena sistem pengangkutan yang tidak adaptif terhadap kondisi aktual di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) dan cloud computing menggunakan Google Firebase untuk memantau kapasitas sampah secara real-time. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi volume sampah, serta integrasi dengan Firebase dan Telegram Bot sebagai media penyimpanan dan notifikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kapasitas sampah dengan akurasi  $\pm 1$  cm, menyimpan data secara otomatis ke Firebase, serta mengirimkan notifikasi ke Telegram saat kapasitas mencapai ambang batas. Sistem bekerja secara stabil dan responsif tanpa memerlukan aplikasi tambahan. Penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan berkontribusi terhadap pembangunan kota cerdas yang bersih dan berkelanjutan.

**Abstract.** Inefficient waste management remains a serious challenge in many areas, particularly due to transportation systems that are not adaptable to actual conditions on the ground. This study aims to develop a smart waste bin system based on the Internet of Things (IoT) and cloud computing using Google Firebase to monitor waste capacity in real-time. The system is designed using an ESP32 microcontroller as the control center, an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect waste volume, and integration with Firebase and Telegram Bot as storage and notification platforms. Test results show that the system can detect waste capacity with an accuracy of  $\pm 1$  cm, automatically store data in Firebase, and send notifications to Telegram when capacity reaches the threshold. The system operates stably and responsively without requiring additional applications. The implementation of this system is expected to improve waste management efficiency and contribute to the development of a clean and sustainable smart city.

## 1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa dari aktivitas manusia maupun proses alami yang berbentuk padat dan memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi barang yang lebih berguna [1]. Masalah sampah menjadi salah satu tantangan lingkungan yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di dunia. Seiring dengan pertumbuhan

populasi dan peningkatan konsumsi masyarakat, volume sampah terus meningkat dari tahun ke tahun.

Namun, pengelolaan sampah di berbagai daerah masih belum optimal. Banyak tempat sampah yang dibiarkan penuh dalam waktu lama sebelum diangkat, sementara di sisi lain, ada juga tempat sampah yang masih kosong

tetapi tetap masuk dalam jadwal pengangkutan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengangkutan masih bersifat statis dan tidak berdasarkan kondisi riil di lapangan, sehingga berisiko menimbulkan pencemaran, penyebaran penyakit, dan inefisiensi sumber daya.

Tempat sampah yang telah disediakan oleh dinas kebersihan sering kali hanya menjadi objek pasif yang kurang menarik dan tidak terawat [2]. Tantangan lainnya meliputi kurangnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah, keterbatasan tenaga kerja, dan sistem logistik pengangkutan yang tidak adaptif. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemanfaatan teknologi menjadi solusi yang sangat potensial.

Dibandingkan dengan sistem pengelolaan sampah konvensional yang bersifat manual dan statis, sistem IoT yang dirancang ini menawarkan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi dan responsivitas. Sementara sistem tradisional hanya mengandalkan jadwal tetap untuk pengangkutan sampah tanpa mengetahui kondisi aktual di lapangan, sistem berbasis IoT ini mampu memantau kapasitas tempat sampah secara real-time, memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data. Hal ini meminimalkan pengangkutan yang sia-sia dan mempercepat respon terhadap kondisi darurat seperti penumpukan sampah berlebih atau bau tak sedap. Tidak hanya itu, fitur otomatisasi notifikasi melalui Telegram memberikan nilai tambah dalam hal respons cepat tanpa memerlukan aplikasi tambahan khusus.

Salah satu pendekatan inovatif adalah penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem monitoring tempat sampah. Perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang jaringan komputer, telah mendorong munculnya solusi inovatif melalui pemanfaatan Internet of Things (IoT), yang memungkinkan integrasi antara perangkat sensor dan sistem otomatisasi secara efisien [14]. Dengan bantuan sensor yang terhubung ke jaringan, tingkat kepenuhan tempat sampah dapat dipantau secara real-time dan datanya dikirimkan ke cloud server. Dalam sistem ini, digunakan platform Google Firebase sebagai media penyimpanan dan pemrosesan data.

Firebase berfungsi sebagai backend-as-a-service (BaaS) yang sangat mendukung proyek IoT. Data dari sensor, seperti status volume sampah, dikirim ke Firebase Realtime Database atau Cloud Firestore melalui MQTT atau REST API, lalu langsung disimpan dan disinkronkan ke cloud. Keunggulan utama Firebase adalah kemampuannya melakukan sinkronisasi data secara real-time, sehingga aplikasi atau dashboard monitoring selalu menampilkan informasi terbaru. Selain itu, Firebase Cloud Functions dapat digunakan secara opsional untuk men-trigger aksi otomatis, seperti mengirim notifikasi ke Telegram saat kapasitas sampah melebihi 75%. Untuk keamanan, Firebase juga menyediakan fitur autentikasi yang memastikan hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses atau memodifikasi data.

Dalam hal keamanan dan privasi data, Firebase menyediakan berbagai fitur seperti Firebase Authentication, yang memastikan hanya pengguna yang sah yang dapat mengakses atau memodifikasi data. Selain itu, Firebase mendukung Access Control Rules yang ketat serta menerapkan enkripsi data baik saat dikirim (in transit) maupun saat disimpan (at rest). Firebase juga telah sesuai dengan standar keamanan internasional seperti ISO/IEC 27001, GDPR, dan CCPA, sehingga data pengguna tetap aman meskipun sistem ini berjalan sepenuhnya di cloud.

Firebase menawarkan layanan cloud yang cepat, aman, dan mudah diakses oleh berbagai perangkat. Selain itu, Firebase juga memungkinkan pengembang untuk fokus pada logika aplikasi tanpa terbebani oleh manajemen server backend yang kompleks [3]. Dengan sistem ini, pengangkutan sampah dapat dilakukan secara lebih tepat waktu dan berdasarkan kebutuhan nyata, bukan semata berdasarkan jadwal rutin. Sistem ini juga dapat memberikan notifikasi otomatis kepada petugas kebersihan, serta membuka peluang untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan. Penerapan teknologi IoT dan cloud computing ini diharapkan dapat berkontribusi pada terciptanya kota yang lebih cerdas, bersih, dan berkelanjutan, serta menjadi model solusi yang dapat direplikasi di berbagai wilayah lain dalam upaya modernisasi pengelolaan sampah secara efisien.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Internet of Thing (IoT)

Internet of Things (IoT) atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai "Internet untuk Segala" adalah konsep yang merujuk pada jaringan objek fisik yang terhubung ke internet dan dapat saling bertukar data tanpa memerlukan campur tangan manusia [11]. Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat, seperti sensor, kamera, dan peralatan rumah tangga, untuk berkomunikasi dan beroperasi secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh dari lingkungan mereka [12]. Teknologi tersebut mendukung beragam kemampuan, antara lain integrasi data, kontrol dari jarak jauh, dan pemanfaatannya pada objek-objek nyata dalam kehidupan sehari-hari [4].

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan lingkungan memegang peranan yang sangat penting. Integrasi antara IoT dan teknologi komputasi awan merupakan suatu kebutuhan yang tidak terelakkan, seiring dengan kemajuan menuju era lingkungan cerdas [15]. Sinergi kedua teknologi tersebut memungkinkan pengumpulan, pengolahan, dan pemantauan data secara efisien dan real-time, guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berkelanjutan [13].

### 2.2. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan merupakan generasi penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini sudah dilengkapi dengan modul WiFi bawaan di dalam chip-nya, sehingga sangat cocok digunakan untuk merancang sistem aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) [6]. NodeMCU ESP32 adalah sistem berdaya rendah pada seri chip (SoC) dengan Wi-Fi & kemampuan Bluetooth dua mode. ESP32 menggunakan mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6dual-core atau singlecore dengan clock rate hingga 240 MHz [5].

ESP32 berfungsi sebagai unit kendali utama yang memiliki kapabilitas untuk mengakses jaringan, memproses data sensor secara lokal, dan mengirimkan hasil pemrosesan ke server atau platform cloud. Mikrokontroler ini bertugas menerima input berupa sinyal analog atau digital dari sensor, kemudian mengolah data tersebut menggunakan algoritma tertentu sebelum

dikirimkan ke sistem monitoring atau penyimpanan data berbasis cloud [10].

### 2.3. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan suatu objek di depannya. Sensor ini memiliki empat pin utama, yaitu Vcc, Trigger, Echo, dan Ground [7]. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang ultrasonik, di mana gelombang yang dipancarkan akan dipantulkan kembali oleh objek di depannya. Sensor ini digunakan sebagai alat pengukur jarak tanpa kontak langsung dan memiliki kemampuan mengukur jarak dalam rentang antara 2 cm hingga 300 cm [16]. Ketika pin Trigger diberi listrik singkat, sensor akan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz melalui komponen pemancar (transmitter). Gelombang tersebut bergerak di udara hingga mengenai suatu objek, lalu dipantulkan kembali dan diterima oleh komponen penerima (receiver). Jarak objek kemudian dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk pergi dan kembali ke sensor.

### 2.4. Layar LCD Oled 0.91"

Layar OLED 0.91 inci adalah modul tampilan kecil yang sering digunakan pada proyek berbasis Arduino, ESP32, dan Raspberry Pi. Meskipun disebut "layar LCD", modul ini sebenarnya menggunakan teknologi OLED yang memancarkan cahaya langsung dari tiap piksel, tanpa membutuhkan lampu latar. Teknologi ini memberikan tampilan yang lebih terang, kontras tinggi, dan konsumsi daya rendah, terutama saat menampilkan latar hitam. Dengan resolusi 128x32 piksel dan ukuran ringkas, layar ini cocok untuk perangkat kecil seperti wearable, sistem monitoring portabel, atau panel indikator. Modul ini umumnya menggunakan antarmuka I2C, yang hanya memerlukan dua pin, sehingga efisien dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler.

### 2.5. Google Firebase

Firebase adalah layanan yang disediakan oleh Google untuk memudahkan para pengembang dalam membangun aplikasi. Dengan menggunakan Firebase, pengembang dapat lebih fokus pada pengembangan fitur dan antarmuka aplikasi tanpa perlu menghabiskan banyak waktu dan usaha dalam mengelola bagian backend, seperti penyimpanan data

berbasis cloud. Layanan ini menjadi solusi praktis dari Google untuk membantu mempercepat proses pengembangan aplikasi secara keseluruhan [3]. Fungsi utama dari Google Firebase Database adalah sebagai sistem basis data yang di-host melalui layanan cloud. Data yang disimpan menggunakan format JSON dan dapat disinkronkan secara real-time ke semua pengguna yang terhubung. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pengelolaan database dalam sebuah aplikasi, terutama ketika digunakan dalam skala yang cukup besar dan melibatkan banyak pengguna secara bersamaan.

## 2.6. Bot Telegram

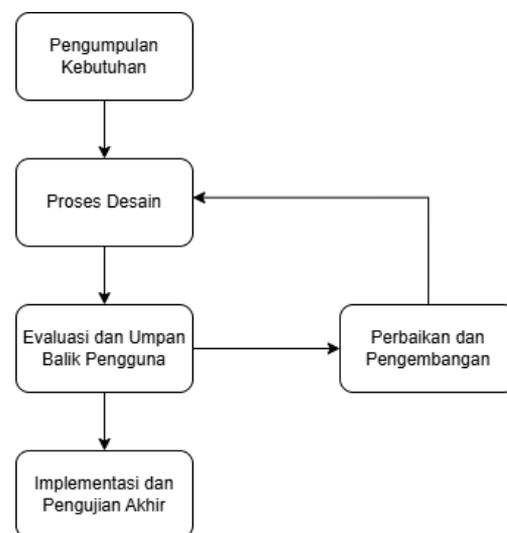
Bot Telegram adalah akun khusus dalam platform Telegram yang dirancang untuk menjalankan tugas-tugas secara otomatis. Bot ini dapat digunakan untuk berbagai fungsi, seperti memberikan informasi, mengelola percakapan dalam grup, menjalankan perintah tertentu, hingga mengendalikan perangkat lain melalui integrasi dengan Telegram API. Tidak seperti akun pengguna biasa yang membutuhkan nomor telepon, bot Telegram beroperasi melalui skrip atau program yang dikembangkan menggunakan Telegram Bot API, sehingga seluruh aktivitasnya dikendalikan secara programatik oleh pengembang.

Untuk membuat bot Telegram, langkah pertama adalah mencari BotFather di aplikasi Telegram. BotFather merupakan bot resmi dari Telegram yang digunakan untuk membuat dan mengatur bot. Saat berinteraksi dengan BotFather untuk membuat bot, pengguna tidak perlu melakukan pengaturan webhook atau konfigurasi server. Peran utama BotFather adalah menghasilkan token API unik untuk setiap bot yang dibuat. Dengan kata lain, BotFather tidak menangani aspek teknis seperti webhook atau koneksi server, melainkan hanya bertugas sebagai alat untuk pembuatan bot dan pemberian akses kontrol melalui Telegram Bot API.

## 3. METODE PENELITIAN

Pengembangan desain sistem Pengelolaan Sampah Berbasis IoT dan Cloud dilakukan dengan menerapkan pendekatan model prototyping. Model ini merupakan salah satu metode dalam pengembangan sistem yang

menekankan pada pembuatan prototype awal dari sistem yang akan dikembangkan. Tujuannya adalah untuk memberikan gambaran awal mengenai bentuk, fungsi, dan cara kerja sistem secara keseluruhan, sehingga memungkinkan adanya umpan balik langsung dari pengguna sejak tahap awal pengembangan. Melalui pendekatan ini, perancang dapat mengidentifikasi kebutuhan pengguna secara lebih akurat dan melakukan penyempurnaan sistem secara bertahap berdasarkan hasil evaluasi dan masukan yang diperoleh.



**Gambar 1.** Metode *Prototype*

Dalam konteks penelitian ini, prototyping memungkinkan peneliti untuk mengembangkan sistem secara iteratif dimulai dari rancangan awal, pembuatan prototype, pengujian, hingga revisi berulang hingga tercapai sistem yang optimal sesuai kebutuhan di lapangan. Pendekatan ini sangat bermanfaat karena memberikan ruang fleksibilitas dalam perbaikan sistem tanpa harus menunggu tahap akhir implementasi [8]. Dengan demikian, hasil akhir dari pengembangan sistem akan lebih tepat sasaran, efisien, dan sesuai dengan ekspektasi serta kebutuhan pengguna

### 3.1. Pengumpulan Data

Pada tahap awal pengumpulan kebutuhan berfokus pada identifikasi dan pemahaman terhadap kebutuhan pengguna serta permasalahan yang ingin diselesaikan oleh sistem. Pengumpulan data bisa dilakukan melalui wawancara, observasi, survei, atau studi literatur. Tujuannya adalah memperoleh

informasi yang cukup untuk merancang solusi awal. Setelah kebutuhan dikumpulkan, tim pengembang mulai membuat rancangan awal sistem atau prototype.

Prototype ini bukan versi akhir dari sistem, melainkan sebuah model awal (sederhana) yang merepresentasikan fungsi utama sistem. Fokus utamanya adalah menunjukkan alur kerja dan tampilan dasar sistem agar dapat diuji dan dipahami oleh pengguna. Selanjutnya prototype yang telah dibuat diserahkan kepada pengguna untuk diuji dan dievaluasi. Pengguna diminta untuk mencoba sistem dan memberikan masukan terkait kegunaan, fungsionalitas, tampilan, atau fitur yang belum sesuai. Umpan balik ini menjadi dasar penting dalam perbaikan sistem.

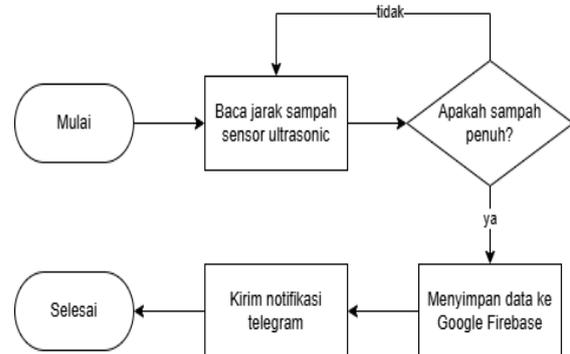
Berdasarkan umpan balik yang diberikan pengguna, dilakukan perbaikan dan pengembangan lanjutan pada prototype. Perbaikan bisa berupa penyempurnaan antarmuka, penambahan fitur, atau perbaikan alur sistem. Proses ini bisa berlangsung secara berulang prototype diuji kembali, dievaluasi, lalu disempurnakan hingga mencapai hasil yang optimal. Setelah melalui tahap pengujian, sistem akan diserahkan langsung kepada pengguna untuk memastikan kinerjanya dalam lingkungan nyata. Langkah ini juga bertujuan mengumpulkan masukan berupa saran, rekomendasi perbaikan, atau umpan balik dari pengguna. Berdasarkan masukan tersebut, dilakukan perbaikan pada prototipe, kemudian dilanjutkan dengan pengujian ulang guna mencapai tingkat yang diharapkan [9].

Jika sistem prototype telah dianggap memenuhi kebutuhan pengguna, maka dilakukan implementasi penuh. Sistem dikembangkan secara lengkap dan diuji secara menyeluruh untuk memastikan kinerjanya stabil, fungsionalitasnya sesuai, dan siap digunakan dalam lingkungan sebenarnya.

### 3.2. Proses Desain

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan identifikasi masalah yang sudah dilakukan, disimpulkan bahwa perancangan dan pengembangan sistem monitoring dan pengelolaan sampah berbasis cloud perlu dilakukan dengan menambahkan fitur-fitur yang mampu menjawab permasalahan yang ditemukan. Berikut merupakan flowchart dari

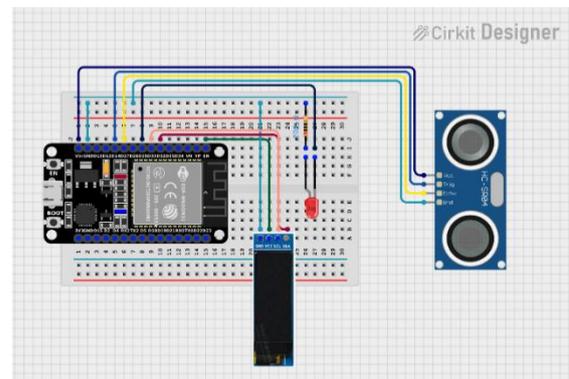
sistem secara keseluruhan, mulai dari deteksi sensor, menyimpan data, dan mengirim notifikasi, seperti pada Gambar 2.



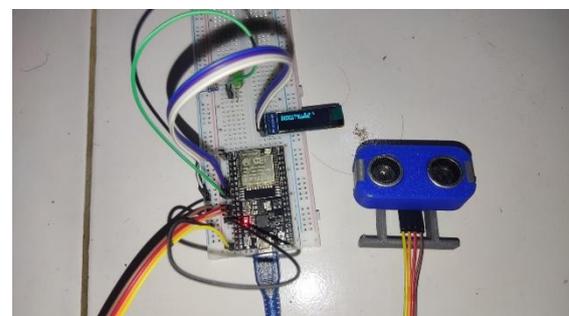
Gambar 2. Flowchart sistem

### 3.3. Perancangan Rangkaian Alat

Rangkaian alat yang digunakan dalam perancangan sistem monitoring dan pengelolaan sampah berbasis iot dan cloud menggunakan google firebase pada tempat sampah pintar ditampilkan sebagai berikut:

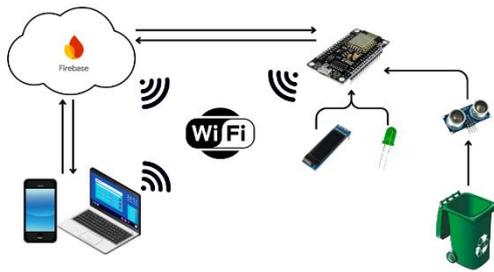


Gambar 3. Wiring Diagram



Gambar 4. Rangkaian Alat

Adapun prinsip kerja alat pada perancangan sistem monitoring dan pengelolaan sampah berbasis iot dan cloud menggunakan google firebase adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Prinsip Kerja Alat

### 3.4. Sistem Kerja Alat

Sistem yang dirancang merupakan sebuah tempat sampah pintar berbasis IoT yang mampu memantau tingkat kepenuhan sampah secara otomatis dan memberikan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram serta menyimpan data ke cloud menggunakan Google Firebase. Alat ini bekerja secara berkesinambungan mengikuti alur yang telah ditentukan dalam sistem flowchart. Berikut penjelasan secara rinci:

#### 1. Inisialisasi Sistem.

Saat alat pertama kali dinyalakan, ESP32 akan melakukan proses inisialisasi terhadap seluruh komponen yang terhubung, termasuk sensor ultrasonik, koneksi jaringan Wi-Fi, layanan Firebase, serta bot Telegram. Sistem juga melakukan pengecekan apakah koneksi internet telah berhasil, karena pengiriman data dan notifikasi bergantung pada koneksi ini.

#### 2. Pembacaan Data Sensor Ultrasonik.

Sistem membaca data dari sensor ultrasonik (HC-SR04) yang dipasang di bagian atas tempat sampah untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan sampah. Nilai jarak ini mencerminkan tinggi sampah yang telah terisi di dalam wadah.

#### 3. Pengecekan Status Kepenuhan Sampah.

Data jarak yang terbaca dari sensor akan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan (misalnya 10 cm dari tutup berarti penuh). Jika jarak yang terbaca lebih kecil atau sama dengan nilai ambang batas, maka sistem mengidentifikasi bahwa tempat sampah sudah penuh. Jika tidak, sistem akan

kembali ke proses pembacaan sensor dan terus memantau secara berkala.

#### 4. Penyimpanan Data ke Firebase

Ketika kondisi sampah penuh terdeteksi, sistem akan mengirimkan data status tersebut ke Google Firebase. Firebase berfungsi sebagai platform cloud yang menyimpan data secara real-time, sehingga pengguna atau admin dapat memantau kondisi tempat sampah dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis web atau mobile yang terhubung ke Firebase.

#### 5. Pengiriman Notifikasi ke Telegram

Selain menyimpan data ke Firebase, sistem juga akan mengirimkan notifikasi otomatis melalui Bot Telegram. Notifikasi ini bertujuan untuk memberi tahu pengguna atau petugas kebersihan bahwa tempat sampah sudah penuh dan perlu segera dikosongkan. Pesan Telegram berisi informasi seperti: "Tempat sampah penuh! (akurasi jarak)"

#### 6. Siklus Berulang

Setelah pengiriman data dan notifikasi berhasil, sistem akan kembali ke tahap awal dan terus memantau kondisi tempat sampah secara real-time dan berkelanjutan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengembangan sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis IoT dan cloud menunjukkan bahwa perangkat yang dirancang mampu berfungsi secara optimal dalam memantau kapasitas sampah secara real-time, menyimpan data ke Firebase, dan mengirimkan notifikasi ke Telegram ketika tempat sampah telah mencapai ambang batas tertentu.

### 4.1. Hasil Implementasi Sistem

Hasil implementasi perangkat keras berdasarkan rancangan perakitan dapat dilihat pada Gambar 6, yang menunjukkan bahwa seluruh komponen telah terpasang dengan baik dan berfungsi secara optimal.



**Gambar 6.** Rangkaian Alat pada Tempat Sampah

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur volume sampah, layar OLED sebagai indikator lokal, serta Firebase dan Bot Telegram sebagai media cloud dan notifikasi. Proses kerja sistem berjalan dalam siklus berkelanjutan dengan langkah-langkah utama sebagai berikut:

- a. Sensor ultrasonik berhasil mengukur jarak sampah secara akurat dengan toleransi error kecil ( $\pm 1$  cm).
- b. Data status tempat sampah disimpan secara otomatis ke Firebase Realtime Database setiap kali terjadi perubahan status.
- c. Notifikasi terkirim secara otomatis ke pengguna melalui Telegram saat kapasitas sampah melebihi ambang batas (contoh:  $< 10$  cm dari tutup tempat sampah).

#### 4.2. Uji Coba Produk

**Tabel 1.** Hasil Pembacaan Sensor dan Respons Sistem

No.	Jarak Terbaca (cm)	Status Tempat Sampah	Tindakan Firebase	Notifikasi Telegram
1.	$> 30$	Kosong	Data terkirim	Tidak ada
2.	20-30	Setengah	Data terkirim	Tidak ada
3.	10-20	Hampir Penuh	Data terkirim	Tidak ada
4.	$\leq 10$	Penuh	Data terkirim	Notifikasi Terkirim

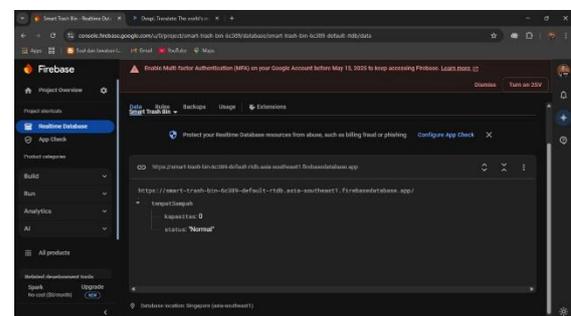
Berdasarkan pada Tabel 1. menunjukkan hasil sistem tempat sampah pintar menggunakan sensor ultrasonik untuk membaca jarak antara sensor dan permukaan sampah guna menentukan status kapasitasnya. Ketika jarak terbaca lebih dari 30 cm, sistem mengidentifikasi bahwa tempat sampah dalam keadaan kosong. Data tersebut tetap dikirim ke Firebase, namun tidak ada notifikasi yang dikirimkan ke Telegram. Jika jarak berada pada

rentang 20 hingga 30 cm, tempat sampah dikategorikan setengah penuh, dan seperti sebelumnya, data dikirim ke Firebase tanpa notifikasi Telegram.

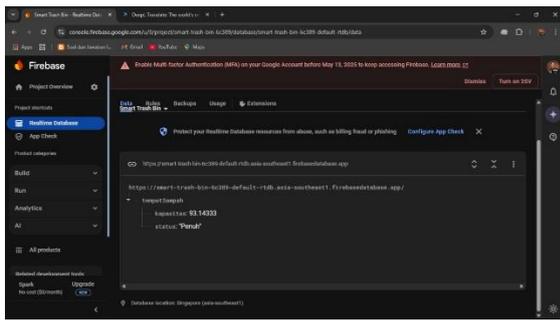
Saat jarak terdeteksi antara 10 hingga 20 cm, sistem menandai tempat sampah sebagai hampir penuh. Data masih dikirim ke Firebase, namun belum ada notifikasi yang diberikan kepada pengguna. Notifikasi baru dikirim melalui Telegram apabila jarak terbaca kurang dari atau sama dengan 10 cm, yang menunjukkan bahwa tempat sampah sudah penuh. Pada kondisi ini, selain data dikirim ke Firebase, sistem juga mengirimkan peringatan otomatis ke Telegram untuk memberi tahu pengguna agar segera mengosongkan tempat sampah. Integrasi ini memungkinkan pemantauan kapasitas sampah secara real-time dan efisien, serta membantu dalam pengelolaan sampah berbasis IoT.



**Gambar 7.** Notifikasi Bot Telegram



**Gambar 8.** Kondisi Normal Database Cloud Firebase



**Gambar 9.** Kondisi Penuh Database Cloud Firebase

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem pemantauan kapasitas tempat sampah berbasis IoT ini, terdapat beberapa kesimpulan utama yang dapat diambil sebagai berikut:

- a. Sistem berhasil memantau kapasitas tempat sampah secara real-time menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, dengan tingkat akurasi pengukuran sekitar  $\pm 1$  cm. Data hasil pemantauan secara otomatis dikirim dan disimpan di Firebase Realtime Database. Selain itu, sistem juga mampu mengirimkan notifikasi otomatis melalui Telegram ketika kapasitas sampah telah mencapai ambang batas yang ditentukan (kurang dari 10 cm dari tutup).
- b. Sistem menyediakan pemantauan real-time yang memungkinkan respons cepat terhadap kondisi tempat sampah. Notifikasi otomatis melalui Telegram meningkatkan efisiensi pengelolaan tanpa memerlukan aplikasi tambahan. Penggunaan Firebase sebagai platform cloud mendukung integrasi dan sinkronisasi data secara mudah dan andal. Selain itu, sistem memiliki sifat scalable sehingga dapat dikembangkan untuk diterapkan pada banyak titik tempat sampah.
- c. Sistem masih bergantung sepenuhnya pada koneksi internet, gangguan jaringan dapat menghambat pengiriman data dan notifikasi. Selain itu, sistem belum

mendukung fitur klasifikasi jenis sampah seperti organik dan anorganik. Tampilan antarmuka pengguna juga masih terbatas, tanpa adanya fitur analisis data atau visualisasi yang lebih informatif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan bantuan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. H. M. Indra Sutrisno Abidin, "OBSERVASI PENANGANAN DAN PENGURANGAN SAMPAH DI UNIVERSITAS SINGAPERBANGSA KARAWANG," *JUSTITIA : Jurnal Ilmu Hukum dan Humaniora*, vol. 8, no. 4, pp. 872-882, 2021.
- [2] S. Z. H. A. A. R. Iwan Purnama, "RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS PADA UNIVERSITAS LABUHANBATU," *Informatika : Fakultas Sains dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, pp. 81-84, 2020.
- [3] N. H. Muhammad Taufik Al Khaledi, "RANCANG BANGUN SISTEM RUMAH PINTAR MENGGUNAKAN PLATFORM GOOGLE FIREBASE BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS)," *JURNAL TEKTRONIKA*, vol. 6, no. 2, pp. 194-202, 2022.
- [4] G. D. A. M. A. A. M. I. B. W. M. N. F. M. K. M. E. Arief Selay, "INTERNET OF THINGS," *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 6, pp. 860-868, 2022.
- [5] I. S. Ageng Sanaris, "Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT)," *Journal Of Information System And Artificial Intelligence*, vol. 1, no. 1, pp. 17-24, 2020.
- [6] A. I. M. R. Muliadi, "PENGEMBANGAN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN

- ESP32,” *Jurnal MEDIA ELEKTRIK*, vol. 17, no. 2, pp. 73-79, 2020.
- [7] G. F. P. A. J. Tri Nur Arifin, “SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI SENSOR JARAK,” *Jurnal Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55-62, 2022.
- [8] B. K. R. A. N. Prio Kustanto, “Penerapan Metode Prototype dalam Perancangan Media Pembelajaran Interaktif,” *Journal of Students ‘Research in Computer Science*, vol. 5, no. 1, pp. 83-94, 2024.
- [9] G. R. D. J. E. D. K. S. N. W. M. I Ketut Resika Arthana, “PENGEMBANGAN PROTOTYPE FREQUENTLY ASKED QUESTION (FAQ) UNDIKSHADENGAN PENDEKATAN USERCENTERED DESIGN,” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 18, no. 1, pp. 77-78, 2021.
- [10] I. G. R. IGMSB Pracasitaram, “IOT Based Automatic Counters For Classroom Capacity In The New Normal Era Of Covid-19,” *JURNAL RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 5, no. 2, pp. 182-189, 2022.
- [11] K. U. Ariawan, “PENERAPAN IoT UNTUK SISTEM KENDALI JARAK JAUH PERALATAN LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS RASPBERRY PI,” *JANAPATI Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, vol. 9, no. 3, pp. 292-303, 2020.
- [12] K. K. S. A. S. G. S. L. J. M. L. R. D. L. A. S. V. G. I. G. M. S. B. P. Y. Y. Lalu Puji Indra Kharisma, *Internet of Things: Pengenalan dan Penerapan Teknologi IoT*, Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [13] I. G. B. S. I. B. N. P. I Komang Yuda Muliawan, “SIMOBI: SISTEM MONITORING SOLAR HYDROPONIC BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) STUDI KASUS: PT. DAGO ENGINEERING,” *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, vol. 14, no. 1, pp. 56-64, 2025.
- [14] I. G. A. G. K. Y. E. I G P Sastrawan, “The use of iot technology based on the forward chaining method to monitor the feasibility of rice field,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1810, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- [15] T. K. P. Y. S. R. S. M S Gitakarma, “Architectures, frameworks, and applications in IoT-based smart environment: a review,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1810, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- [16] M. G. F. N. Purma Nailu Safiroh W.P., “SISTEM PENGENDALIAN KADAR PH DAN PENYIRAMAN TANAMAN HIDROPONIK MODEL WICK SYSTEM,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 10, no. 1, pp. 17-23, 2022.