TEMPAT SAMPAH PINTAR BERBASIS IOT DENGAN FITUR GPS

1st Muhammad Hatta A
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
muhammadhatsar@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dr. Sofia Naning Hertiana, Ir,. M.T
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
sofiananing@telkomuniversity.ac.id

3rd Sussi, S.Si., MT
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
sussiss@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Untuk mengatasi masalah pengelolaan sampah di lingkungan kampus, sebuah penelitian sistem tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) telah dikembangkan dan disimulasikan. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah dan terbatasnya sistem pemantauan kondisi tempat sampah secara real-time, yang menyebabkan penumpukan limbah dan menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan. Penelitian ini merancang dan mensimulasikan sistem yang mampu memilah sampah, memantau lokasi, dan mendeteksi volume sampah secara otomatis. Dengan menggunakan sistem integrasi perangkat keras seperti sensor ultrasonik, sensor gas, dan sensor proximity dengan Mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai unit pemroses utama yang mengirimkan data tentang jenis sampah, tingkat kapasitas, dan lokasi. Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini dikirimkan ke aplikasi SmartBin di perangkat Android, yang berfungsi untuk memvisualisasikan data, melacak lokasi, dan mengirimkan notifikasi kepada petugas kebersihan. Penelitian ini memiliki kinerja yang stabil dalam klasifikasi dan pemantauan sampah, dengan akurasi pemilahan 80% dan deteksi volume 100%. Secara keseluruhan, inovasi ini merupakan solusi jangka panjang yang efektif untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah dan meningkatkan kesadaran lingkungan.**

***Kata kunci*— Internet of Things, GPS, Sampah, Sensor**

I. PENDAHULUAN

Permasalahan penumpukan sampah di lingkungan kampus sering terjadi karena volume sampah yang dihasilkan tidak sebanding dengan ketersediaan tempat sampah, diperparah oleh lambatnya penanganan dari tim kebersihan. Selain itu, kurangnya kesadaran mahasiswa dalam memilah sampah menyebabkan tercampurnya berbagai jenis limbah, seperti organik, anorganik, dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), yang mempersulit proses daur ulang. Perkembangan teknologi pesat, seperti Internet of Things (IoT), dapat menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan ini. IoT memungkinkan perangkat fisik untuk terhubung dan bertukar data, memungkinkan pemantauan dan pengelolaan sampah secara otomatis dan real-time. Teknologi ini dapat diimplementasikan menggunakan sensor untuk mendeteksi material sampah (organik dan anorganik) serta mengidentifikasi volume sampah di dalam tempat sampah.

Tujuan dari proyek ini adalah merancang dan mensimulasikan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT dengan fitur GPS. Perancangan ini meliputi pembuatan sistem pemilahan sampah otomatis menggunakan teknologi IoT, serta pengembangan aplikasi yang mengintegrasikan data dari jaringan IoT dan database untuk menyimpan data GPS. Integrasi jaringan IoT dirancang

II. KAJIAN TEORI

A. Tempat Sampah

Tempat sampah pintar adalah inovasi yang menggunakan sensor untuk mendeteksi kapasitas dan jarak objek sampah, serta dapat mengendalikan pemilahan sampah secara otomatis. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler dan IoT untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh yang lebih efektif. Berbeda dari tempat sampah konvensional, tempat sampah pintar seringkali memiliki fitur pemilahan otomatis, kompresi sampah, dan pemrosesan data untuk manajemen sampah yang lebih efisien [1].

B. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik ke jaringan internet, memungkinkan mereka untuk saling berkomunikasi. Dalam konteks pengelolaan sampah, IoT memungkinkan pemantauan dan otomatisasi tempat sampah secara real-time [2]. Ini menciptakan jaringan besar perangkat elektronik yang dapat mengumpulkan dan berbagi data tentang kondisi tempat sampah, seperti tingkat kepenuhan dan lokasi.

C. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler berperan sebagai pusat kendali sistem, mengelola data dari sensor dan mengirimkan perintah ke aktuator. Fungsinya meliputi pengolahan data

sensor, pengiriman perintah, dan transmisi data ke server untuk pemantauan jarak jauh [3].

D. *Global Positioning System* (GPS)

Modul GPS digunakan untuk melacak lokasi tempat sampah secara presisi [4]. Data koordinat lintang dan bujur yang dihasilkan oleh modul ini dapat dikirimkan ke database untuk pemetaan rute dan pemantauan posisi real-time [4]. Fitur ini sangat penting untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah.

E. Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik ini bekerja dengan memancarkan gelombang suara frekuensi tinggi dan mengukur waktu pantulannya untuk menghitung jarak [4]. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi ketinggian volume sampah atau untuk mendeteksi objek yang mendekat guna memicu pembukaan tutup otomatis.

F. Sensor Proximity

Sensor proximity berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek untuk kontrol tutup tempat sampah atau untuk memilah jenis sampah (logam, non- logam, organik, anorganik) [5]. Sensor proximity induktif dapat mendeteksi target logam yang mendekati sensor tanpa sentuhan fisik, memanfaatkan medan elektromagnetik.

G. Sensor Gas

Sensor gas mendeteksi tingkat bau atau konsentrasi gas berbahaya di sekitar tempat sampah, seperti amonia, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO2), hidrogen sulfida (H2S), dan metana [5]. Tingkat bau yang tinggi dapat mengindikasikan kebutuhan segera untuk pengosongan tempat sampah guna mencegah masalah kesehatan dan kebersihan [6].

H. Sensor Gas

Aktuator, seperti motor servo, berfungsi untuk menggerakkan atau membuka tutup tempat sampah secara otomatis berdasarkan sinyal yang diterima dari mikrokontroler setelah deteksi sensor [7].

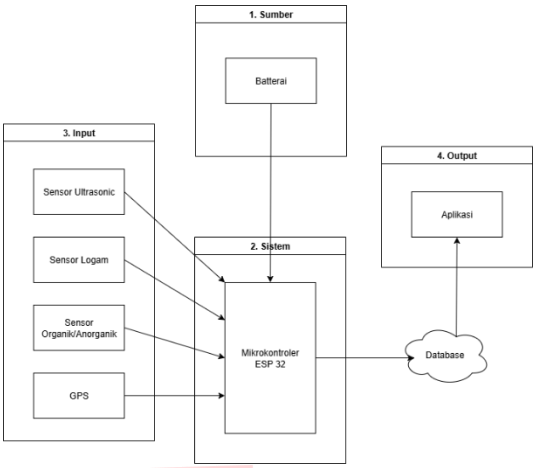
III. METODE

Memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah penelitian, waktu penelitian, sumber data, cara perolehan data dan menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian [10 pts].

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem Tempat Sampah Pintar ini bekerja dengan menggabungkan dua fungsi, yaitu *mobile app* sebagai antarmuka pengguna untuk untuk melihat lokasi serta memonitor kapasitas volume pada tempat sampah dan menggunakan teknologi IoT dengan memakai mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali utama dari sistem yang menghubungkan semua komponen dari perangkat keras yang akan digunakan.

Pada gambar 1 seperti yang terlihat dibawah merupakan Blok Diagram dari Sistem Tempat Sampah Pintar.



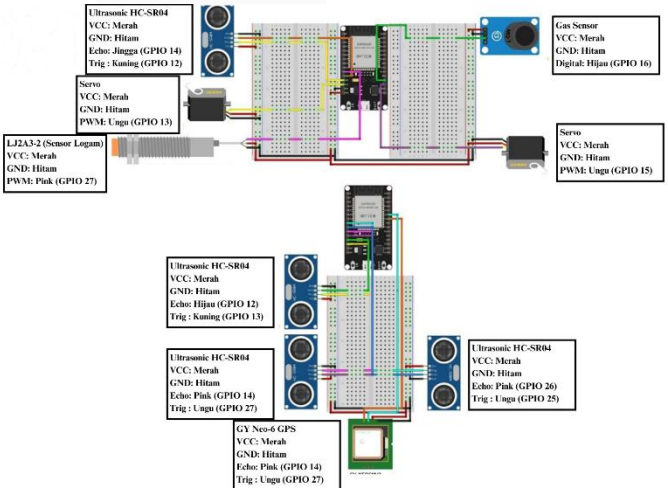
GAMBAR 1

(Blok Diagram Sistem Tempat Sampah)

Proses terdiri dari tiga komponen yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input berisi berbagai sensor dan modul, yaitu Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan sampah dan volume , Sensor Induktif Proximity untuk mendeteksi benda logam , Sensor MQ135 untuk mendeteksi gas pada sampah organic dan anorganik, dan GPS NEO-6v2 untuk memberikan informasi Lokasi. Setelah itu masuk ke bagian proses yang Dimana semua data yang diterima dari sensor diolah pada mikrokontroler NodeMCU ESP32. Mikrokontroler ini menjadi pusat kendali sistem dan mendapatkan daya dari baterai sebagai sumber energi utama. Terakhir yaitu output, pada proses ini Data dari ESP32 dikirimkan ke database dan ditampilkan melalui aplikasi.

B. Implementasi Sistem

Implementasi yang dilakukan pada penelitian ini dengan menampilkan skematik perangkat yang dibuat seusai dengan tahap perancangan sistem sebelumnya dengan tujuan untuk memastikan semua komponen perangkat keras IoT dapat terhubung dan berfungsi secara optimal.



GAMBAR 2

(Skematik Sistem Tempat Sampah)

Berdasarkan Gambar 2 skematik sistem tempat sampah dibagi menjadi dua bagian, bagian atas untuk sistem pemilahan pada tempat sampah pintar yang dimana terdapat satu sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor pendeteksi adanya benda masuk. Selanjutnya terdapat, dua servo MG996R yang digunakan untuk proses memilah. Sensor proximity LJ12A3-2 yang digunakan untuk mendeteksi logam dan non-logam. Terakhir, sensor gas digunakan untuk mendeteksi sampah organik dan anorganik. Sedangkan untuk gambar bagian bawah merupakan sistem untuk menentukan kapasitas pada tempat sampah yang menggunakan tiga buah sensor ultrasonik HC-SR04. Selain itu, terdapat modul GPS Neo 6M untuk komunikasi serial.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem tempat sampah pintar berbasis IoT ini telah diimplementasikan dengan menggabungkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Implementasi perangkat keras melibatkan penggunaan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik, sensor induktif, sensor gas, dan modul GPS. Dua motor servo digunakan untuk mekanisme pemilahan, sementara modul GPS (Neo-6M) digunakan untuk pelacakan lokasi real-time. Data dari sensor dan GPS dikirim secara real-time via WiFi ke platform IoT.

A. Pengujian Sensor Pemilah

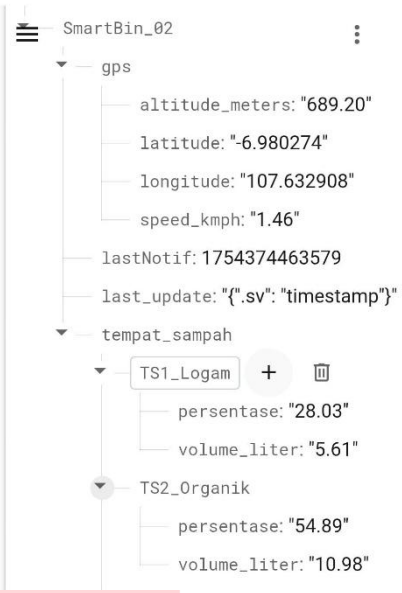
TABEL 4
Hasil Pengujian Sensor Pemilah

No	Benda	Kondisi Seharusnya	Hasil Sensor	Hasil
1	Gelas Plastik 1	Anorganik	Anorganik	Sesuai
2	Gelas Plastik 2	Anorganik	Anorganik	Sesuai
3	Gelas Plastik 3	Anorganik	Organik	Tidak Sesuai
4	Gelas Plastik 4	Anorganik	Anorganik	Sesuai
5	Gelas Plastik 5	Anorganik	Organik	Tidak Sesuai
6	Kaleng 1	Logam	Logam	Sesuai
7	Kaleng 2	Logam	Logam	Sesuai
8	Kaleng 3	Logam	Logam	Sesuai
9	Kaleng 4	Logam	Logam	Sesuai
10	Kaleng 5	Logam	Logam	Sesuai
11	Kulit Pisang 1	Organik	Anorganik	Tidak Sesuai
12	Kulit Pisang 2	Organik	Organik	Sesuai
13	Kulit Pisang 3	Organik	Anorganik	Tidak Sesuai
14	Kulit Pisang 4	Organik	Organik	Sesuai
15	Kulit Pisang 5	Organik	Organik	Sesuai
16	Batterai 1	Logam	Logam	Sesuai
17	Batterai 2	Logam	Logam	Sesuai
18	Batterai 3	Logam	Logam	Sesuai
19	Batterai 4	Logam	Logam	Sesuai
20	Batterai 5	Logam	Logam	Sesuai
Total Benar				16
Total Salah				4
Akurasi (%)				80%

Hasil uji coba pemilahan sampah. Dari 20 sampel sistem berhasil memilah dengan akurasi 80%. Kesalahan dominan terjadi pada klasifikasi organik–anorganik akibat keterbatasan sensor gas yang hanya mendeteksi tingkat gas bukan komposisi material.

B. Hasil Sistem Volume dan GPS

Hasil data yang didapatkan dari volume dan koordinat lokasi dari tempat sampah dapat dilihat pada gambar 3 data volume dan lokasi.



GAMBAR 3

(Data Volume dan Lokasi)

Berdasarkan Gambar 3 Data Volume dan Lokasi pada tempat sampah diatas adalah data yang dikirimkan melalui ESP32 setelah proses pemilahan sebelumnya menuju *database* yang menggunakan platform *Firebase*. Data menunjukkan lokasi dari tempat sampah menggunakan *latitude* dan *longitude*, dan kapasitas volume dari sistem tempat sampah pintar yang menunjukkan persentase dari sistem tempat sampah pintar.

V. KESIMPULAN

Sistem tempat sampah pintar berbasis IoT dengan fitur GPS telah berhasil dibangun dan diimplementasikan. Integrasi komponen perangkat keras, seperti sensor ultrasonik, proximity, gas, dan modul GPS, dengan mikrokontroler ESP32 memungkinkan pemilahan sampah otomatis dan pemantauan kondisi secara *real-time*. Meskipun akurasi pemilahan sampah masih memiliki keterbatasan (80%) karena kurangnya akurasi sensor dalam membedakan sampah organik dan anorganik , sistem ini menunjukkan performa yang sangat baik dalam deteksi volume (100% akurat). Inovasi ini secara signifikan meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah dengan memungkinkan penjadwalan pengosongan sampah yang optimal dan mengurangi penumpukan, yang secara langsung berkontribusi pada terciptanya lingkungan yang lebih bersih. Secara keseluruhan, sistem ini layak digunakan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut.

REFERENSI

[1] M. Ismail, H. S. Martam, dan S. A. Djafar, "Smart Trash Can dengan Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things," Jurnal JEEE (Journal of Electrical, Electronics, and Engineering), vol. 6, no. 2, pp. 15–22, 2021.

[2] H. Arifin dan R. R. Wibowo, "Penerapan Internet of Things pada Sistem Monitoring Tempat Sampah," *Jurnal DigiTech*, vol. 5, no. 3, pp. 145–152, 2022.

[3] I. K. D. Cahyadi, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Berbasis Mikrokontroler Menggunakan NodeMCU,” *Repository Universitas Wicida*, 2022.
[4] R. Ananda et al., “Design and Implementation of Smart Waste Bin Using Ultrasonic Sensor and NodeMCU,” *E3S Web of Conferences*, vol. 445, 2024.
[5] M. M. Rahman et al., “IoT-Based Smart Waste Management System (SWIMS),” ResearchGate, 2024.
[6] M. H. Handaka dan R. H. Aryawan, “Smart Waste Monitoring Berbasis IoT dengan Sensor Gas MQ135,” *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 12–19, 2023.
[7] N. A. Hidayati, “Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Servo Motor,” *Politeknik Harapan Bersama Tegal*, 2022.