Sistem Peringatan Sampah Berbasis IoT dan Web Untuk Pemantauan Kepenuhan Dan Lokasi Tempat Sampah Secara *Real-Time*

1st Feldo Razzan Susdiantoro
Departement of Computer Engineering
Telkom University
Surabaya, Indonesia
Juliusandrew@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dimas Adiputra
Departement of Electro Engginering
Telkom University
Surabaya, Indonesia
dimasze@telkomuniversity.ac.id

3rd Eka Sari Oktarina
Departement of Computer Engineering
Telkom University
Surabaya, Indonesia
ekasario@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Tempat sampah berbasis IoT yang dirancang untuk penggunaan di lingkungan luar ruangan ini bertujuan untuk memudahkan petugas kebersihan dalam memantau kondisi tempat sampah di area publik. Pada praktiknya, tempat sampah outdoor sering mengalami keterlambatan pengosongan karena pemantauan manual yang kurang efektif. Oleh karena itu, sistem ini dilengkapi dengan dua sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipasang pada beberapa sudut tempat sampah untuk meningkatkan akurasi pengukuran volume sampah, khususnya pada bagian pinggir. Selain itu, sistem ini terintegrasi dengan teknologi Internet of Things yang memungkinkan pengiriman data secara real-time kepada petugas kebersihan ketika kapasitas sampah telah mendekati atau mencapai batas maksimum. Tempat sampah ini juga dilengkapi modul GPS yang berfungsi untuk memberikan informasi lokasi secara akurat, sehingga petugas dapat dengan mudah menemukan titik yang perlu segera dikosongkan. Sistem pemantauan berbasis web yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah di area luar ruangan, mengurangi risiko penumpukan sampah, serta membantu petugas bekerja secara lebih terorganisir, responsif, dan terencana, secara optimal.**

***Kata kunci*— tempat sampah berbasis IoT, tempat sampah *outdoor*, sensor ultrasonik HC-SR04, pemantauan *real-time*, GPS, pengelolaan sampah, pengumpulan sampah efisien, monitoring kebersihan, lingkungan kantor.**

I. PENDAHULUAN

Kondisi tempat sampah outdoor yang telah penuh namun tetap digunakan dapat menimbulkan lingkungan kotor dan berpotensi mencemari area sekitar. Permasalahan utama di lapangan adalah tidak adanya sistem pemantauan tingkat kepenuhan, sehingga petugas kebersihan harus melakukan pengecekan manual ke setiap titik dan sering mengalami keterlambatan pengangkutan, terutama di area terbuka yang luas. Untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan, teknologi Internet of Things (IoT) dapat dimanfaatkan guna memantau kepenuhan tempat sampah secara real-time dan mengirimkan notifikasi otomatis kepada petugas, sehingga penanganan dapat dilakukan lebih cepat dan terorganisir. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring tempat sampah berbasis IoT dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak permukaan sampah terhadap sensor sebagai indikator tingkat kepenuhan. Untuk meningkatkan akurasi, digunakan beberapa titik pengukuran di dalam tempat sampah agar pembacaan lebih presisi. Selain itu, modul GPS ditambahkan untuk membantu petugas mengetahui lokasi tempat sampah yang penuh melalui sistem monitoring berbasis web. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi penumpukan sampah, mempermudah pengambilan, serta meningkatkan efektivitas kerja petugas kebersihan. Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana mendeteksi tingkat kepenuhan tempat sampah menggunakan sensor ultrasonik dan mengirimkan notifikasi, serta bagaimana menampilkan lokasi tempat sampah menggunakan GPS melalui web. Tujuan penelitian meliputi meningkatkan efektivitas dan kenyamanan kerja petugas dengan bantuan sensor, mempermudah identifikasi lokasi tempat sampah penuh, serta memungkinkan pemantauan jarak jauh tanpa mengganggu aktivitas pengguna. Manfaat penelitian adalah mengurangi risiko tempat sampah penuh yang menghambat pembuangan sampah, sehingga menguntungkan pengguna dan petugas kebersihan. Batasan penelitian meliputi pengujian pada sampah kering, pengukuran kepenuhan berbasis sensor, serta uji coba pada dua lokasi dengan dua unit tempat sampah.

II. KAJIAN TEORI

Penelitian Syaifudin et al. (2019) merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan tempat sampah rumah tangga dan lampu jalan berbasis jaringan sensor nirkabel. Sistem memanfaatkan sensor, Arduino, dan modul XBee untuk mendeteksi tingkat kepenuhan sampah serta kondisi cahaya, kemudian mengirimkan data ke ruang kontrol untuk pemantauan. Pengujian dilakukan pada komponen (Arduino, sensor, LCD, buzzer) serta beberapa topologi jaringan guna menilai jangkauan dan efisiensi komunikasi, sehingga sistem mampu memantau secara kontinu dan memberi peringatan saat tempat sampah penuh. Teten Dian Hakim (2022) mengembangkan prototipe tempat sampah pintar berbasis IoT menggunakan ESP8266 yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak

jauh. Prototipe menggabungkan sensor inframerah, motor servo, LCD, dan DFPlayer untuk mengotomatisasi fungsi seperti membuka/menutup tutup tempat sampah berdasarkan masukan sensor. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen utama dapat berjalan sesuai fungsi yang dirancang. Nistrina dan Dwi (2023) menerapkan algoritma logika fuzzy pada sistem tempat sampah pintar berbasis Arduino untuk menentukan kondisi kepenuhan dan respons sistem secara otomatis. Variabel kapasitas dibagi menjadi empat himpunan (25%, 50%, 75%, 100%) dan variabel jarak dibagi menjadi beberapa himpunan berbasis cm untuk memetakan kondisi tersedia hingga penuh, dengan indikator LED sebagai penanda. Penelitian ini menegaskan efektivitas fuzzy dalam pengambilan keputusan, sekaligus mencatat aspek yang masih dapat disempurnakan. Hasnul et al. (2021) (melalui sistem yang dibahas Munadi) menggabungkan IoT dan GPS Neo-6MV2 untuk pemantauan tingkat sampah sekaligus pelacakan lokasi, dengan pengiriman informasi melalui WhatsApp. Pengujian meliputi fungsionalitas, kemudahan penggunaan, akurasi, jangkauan, serta QoS (delay dan throughput), dan hasilnya menunjukkan sistem bekerja dengan baik. Integrasi GPS ditujukan untuk memudahkan petugas menemukan lokasi tempat sampah yang sudah penuh. Safitri et al. (2021) mengembangkan Smart Trash Bin Monitoring System berbasis NodeMCU dan Arduino Uno dengan sensor ultrasonik serta aktuator (misalnya motor servo) untuk memantau ketinggian sampah secara real-time. Pengembangan aplikasi dilakukan dengan model waterfall dan pemodelan UML, serta sistem mampu mengirim notifikasi otomatis kepada petugas kebersihan. Sistem ini mendukung pemantauan real-time dan dirancang agar mudah dikembangkan pada platform mikrokontroler berikutnya.

A. Konsep IoT untuk Manajemen Sampah

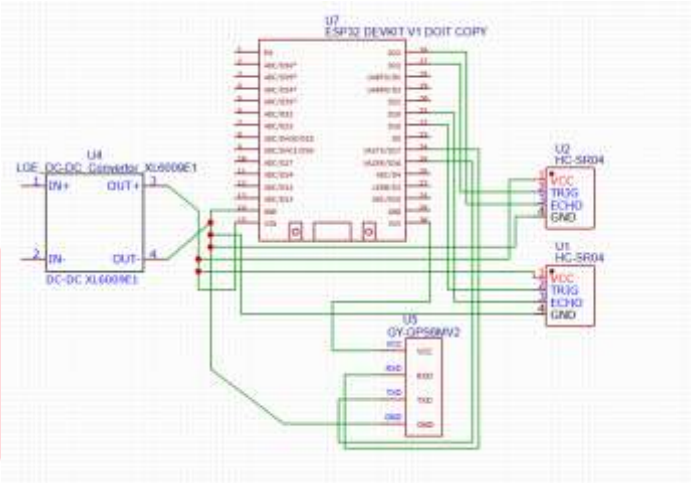
Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat fisik (tempat sampah) mengumpulkan data melalui sensor, memprosesnya di mikrokontroler, lalu mengirimkan data ke server melalui jaringan untuk dipantau secara real-time. Dalam konteks penelitian ini, IoT dipakai untuk mengurangi kebutuhan pengecekan manual, karena status kepenuhan dan lokasi tempat sampah dapat dipantau lewat dashboard web oleh petugas kebersihan.

B. Arsitektur Sistem (Perangkat–Jaringan–Server–Frontend

Arsitektur sistem terdiri dari: (1) perangkat lapangan (sensor ultrasonik + GPS) yang dibaca ESP32, (2) jaringan (Wi-Fi) untuk koneksi internet, (3) server yang menerima dan menyimpan data, dan (4) frontend web yang menampilkan status kepenuhan serta lokasi.
Alur kerjanya: sensor membaca level sampah dan GPS membaca koordinat, ESP32 menggabungkan data menjadi payload lalu mengirim ke server; data yang tersimpan kemudian diambil oleh frontend untuk ditampilkan ke dashboard.

C. Perangkat Keras Utama

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak permukaan sampah ke sensor sehingga level/kepenuhan dapat ditentukan; pada dokumen ini digunakan dua sensor untuk meningkatkan akurasi terutama ketika permukaan sampah miring atau tidak merata. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus perangkat komunikasi (Wi-Fi/Bluetooth) untuk mengirim data sensor ke server. GPS NEO-6MV2 menyediakan koordinat (latitude, longitude) untuk pelacakan lokasi tempat sampah sehingga petugas dapat menemukan unit yang perlu dikosongkan.Catu daya menggunakan baterai 18650 dan modul DC-DC (XL6009) untuk penyesuaian tegangan sesuai kebutuhan perangkat.



GAMBAR 2.1
(*SKEMATIC)*

PCB digunakan sebagai media integrasi rangkaian agar koneksi antar-komponen lebih stabil dan rapi, terutama pada jalur daya dan sinyal. Skematik PCB pada Gambar 2.5 memperlihatkan penempatan modul ESP32 sebagai pengendali utama dan XL6009 sebagai konverter DC-DC untuk penyediaan tegangan bagi perangkat pendukung.

D. Komunikasi Data (HTTP POST)

HTTP bekerja dengan pola request–response dan bersifat stateless; salah satu metode yang umum dipakai adalah POST untuk mengirim data dari client ke server melalui message body (misalnya JSON). Dalam sistem ini, ESP32 mengirim data hasil pembacaan sensor (volume/level) dan koordinat GPS ke backend server menggunakan HTTP POST untuk diproses dan disimpan ke basis data, lalu server memberi respons status keberhasilan.

E. Antarmuka Web (HTML/CSS/JS + Fetch API)

HTML digunakan sebagai struktur halaman dashboard monitoring, CSS/Tailwind untuk pengaturan tampilan agar data mudah dibaca, dan JavaScript untuk membuat halaman dinamis.Pengambilan data dari server dilakukan dengan mekanisme fetching (mis. Fetch API) sehingga dashboard dapat memperbarui tampilan data tanpa reload halaman.

III. METODE

Metodologi penelitian pada sistem peringatan sampah berbasis IoT dan web ini dilakukan melalui tahapan: studi literatur, analisis kebutuhan, desain sistem, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak. Pada tahap analisis kebutuhan ditetapkan kebutuhan fungsional utama, yaitu sistem mampu membaca ketinggian/volume sampah menggunakan sensor ultrasonik, memperoleh koordinat lokasi menggunakan GPS, serta mengirimkan data secara berkala ke server untuk ditampilkan pada website monitoring. Desain sistem menjelaskan alur

data dari perangkat (sensor dan GPS) yang diproses oleh mikrokontroler, dikirim ke server, kemudian ditampilkan pada antarmuka web sebagai informasi status kepenuhan dan lokasi tempat sampah. Perancangan perangkat keras mencakup integrasi sensor ultrasonik, modul GPS, sistem catu daya, dan mikrokontroler dalam satu unit tempat sampah, sedangkan perancangan perangkat lunak mencakup logika pembacaan sensor, pengiriman data ke server, serta mekanisme pengambilan dan penampilan data pada website.

A. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengidentifikasi konsep dan komponen yang relevan pada sistem monitoring sampah berbasis IoT, meliputi penggunaan sensor untuk mengukur kepenuhan, pemanfaatan mikrokontroler sebagai pengolah data, serta mekanisme monitoring berbasis web. Hasil studi literatur digunakan sebagai dasar dalam menentukan arsitektur sistem dan pemilihan komponen utama yang akan diimplementasikan.

B. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk merumuskan kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem agar dapat memantau kepenuhan dan lokasi tempat sampah secara berkala.Kebutuhan fungsional meliputi pembacaan level sampah menggunakan sensor ultrasonik, pembacaan koordinat menggunakan GPS, pengiriman data ke server, dan penampilan hasil website. Kebutuhan nonfungsional mencakup kestabilan koneksi, efisiensi daya, dan antarmuka website yang mudah dipahami pengguna.

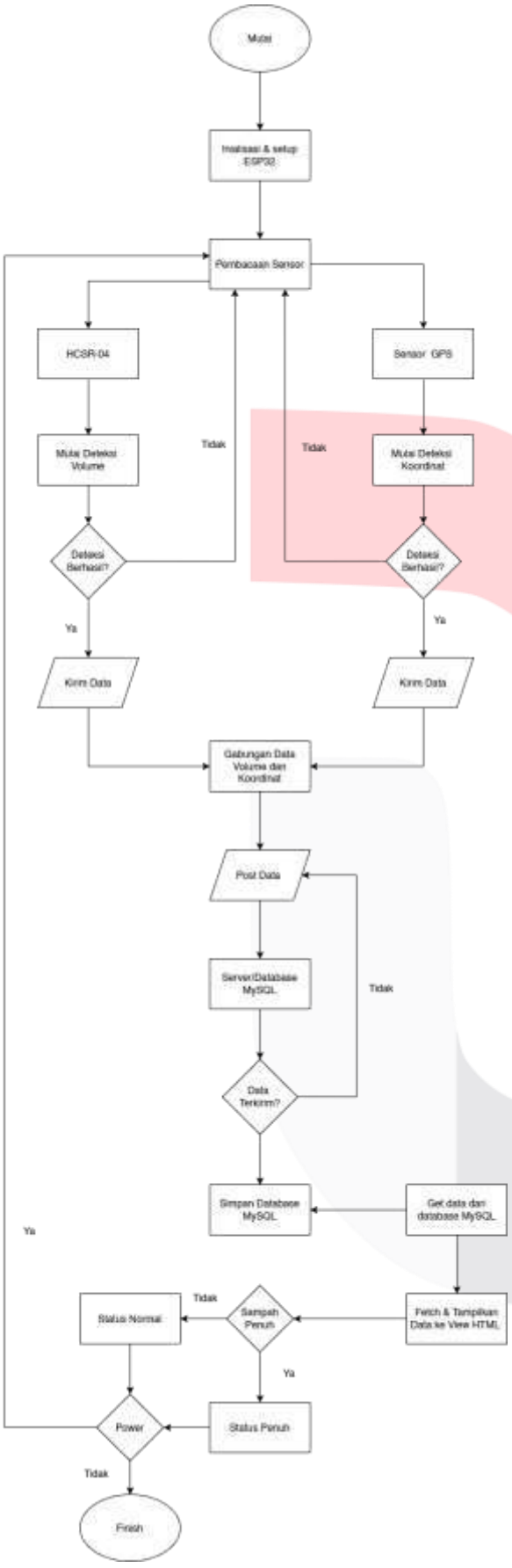
C. Desain dan Implementasi Sistem

Desain sistem menjelaskan alur end-to-end dari perangkat lapangan hingga website monitoring, yaitu data sensor dan GPS diproses ESP32, dikirim ke server, lalu ditampilkan pada dashboard. Rancangan arsitektur ditunjukkan pada block diagram, sedangkan urutan proses pembacaan dan pengiriman data dijelaskan menggunakan flowchart sistem.



GAMBAR 3.1
(BLOCK DIAGRAM)

Gambar 3.1 menunjukkan hubungan komponen utama (catu daya, sensor ultrasonik, GPS, ESP32, server/website) serta aliran data dari sensor menuju website. Perangkat keras dirancang dengan mengintegrasikan sensor ultrasonik untuk mendeteksi level/kepenuhan, modul GPS untuk memperoleh koordinat, ESP32 sebagai pengendali dan pengirim data, serta sistem catu daya untuk menyuplai rangkaian. Penempatan komponen mengikuti rancangan mekanik agar pembacaan sensor lebih konsisten dan perangkat mudah dipasang serta diuji. Perangkat lunak pada ESP32 meliputi inisialisasi modul, pembacaan sensor ultrasonik dan GPS, penggabungan data, serta pengiriman data ke server.Pada sisi web, data yang tersimpan di server diambil dan ditampilkan pada dashboard agar pengguna dapat memantau kondisi kepenuhan dan lokasi tempat sampah.



GAMBAR 3.2
(FLOWCHART)

Flowchart pada Gambar 3.6 menunjukkan alur kerja sistem dimulai dari pemberian daya dan inisialisasi ESP32 untuk menyiapkan sensor ultrasonik HC-SR04, modul GPS, serta koneksi jaringan. Setelah inisialisasi, sistem membaca data HC-SR04 untuk memperoleh nilai jarak/ketinggian sampah dan membaca modul GPS untuk memperoleh koordinat latitude–longitude; apabila pembacaan belum berhasil, proses pembacaan diulang sampai data valid. Data level/volume sampah dan koordinat GPS kemudian digabungkan menjadi payload dan dikirim ke server menggunakan metode POST, lalu server menyimpan data ke database; jika pengiriman gagal, proses pengiriman diulang. Selanjutnya, frontend mengambil data dari database, melakukan fetching untuk menampilkan data pada halaman HTML/dashboard, dan menentukan status (normal/penuh) berdasarkan ambang batas kepenuhan; selama sistem masih menyala, proses kembali ke pembacaan sensor untuk monitoring berkala.



GAMBAR 3.2
(TAMPILAN WEBSITE)

Gambar 3.2 menunjukkan rancangan antarmuka web/aplikasi Trash Talk untuk pemantauan tong sampah berbasis data sensor dan lokasi. Pada bagian atas, pengguna dapat melihat status kepenuhan dua tong (misalnya "Kayangan" dan "Nirmala") melalui indikator persentase/level, serta mengakses tombol "Lacak Lokasi" untuk menampilkan posisi tong pada peta. Di sisi kanan atas tersedia menu "Panduan" sebagai petunjuk penggunaan. Bagian tengah menampilkan modul "Grafik Harian" yang dilengkapi fitur filter data berdasarkan tanggal dan kode tong untuk memudahkan penelusuran riwayat pemantauan. Di bawahnya terdapat panel "Data terbaru" yang merangkum pembacaan terkini (kode tong, volume, koordinat lokasi, dan waktu pencatatan), serta tombol "Download Data CSV"

untuk mengekspor data ke format CSV guna kebutuhan analisis lanjutan. Bagian paling bawah menampilkan peta "Lokasi Tong Sampah" yang memvisualisasikan titik lokasi tong serta informasi jarak antar unit, sehingga pengguna dapat memantau kondisi, riwayat, dan persebaran tong sampah dalam satu tampilan terpadu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada dua unit tempat sampah (Kayangan dan Nirmala) yang masing-masing menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian sampah dan modul GPS NEO-6MV2 untuk memperoleh koordinat lokasi. Data yang diambil meliputi pengukuran dimensi tempat sampah, hasil pembacaan jarak sensor, serta hasil pembacaan koordinat GPS pada beberapa kondisi lingkungan.

TABEL 4.1
(HASIL PENGUKURAN AWAL DAN PARAMETER TEMPAT SAMPAH)

Device	Jumlah HC-SR04	Tinggi tempat sampah (cm)	Jarak terukur (cm)	Volume
Kayangan	2	39 cm	33.3 cm	15,19 L
Nirmala	2	39 cm	33.3 cm	15,19 L

Pengujian awal menunjukkan terdapat perbedaan tinggi bagian luar dan tinggi bagian dalam tempat sampah, sehingga perhitungan volume harus menggunakan dimensi bagian dalam sebagai acuan pengukuran sensor.



Gambar 4.1 Tempat Sampah bagian luar diukur

Pada gambar 4.1 menunukkan pengukuran bagian luar tempat sampah dan didapat ketinggian 39cm, untuk mengukur apakah bagian dalam dan luar itu sama maka dilakukanlah pengukuran ukuran tempat sampah ini.



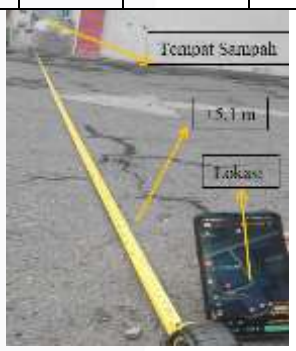
Gambar 4.2 Tempat Sampah bagian luar diukur

Pada gambar 4.2 menunukkan pengukuran bagian dalam didapat ketinggian 33,3 cm, untuk mengukur apakah bagian dalam maka dilakukanlah pengukuran ukuran tempat sampah ini yang menunjukkan bahwa hasil ukuran tenyata sangat berbeda, hal ini cukup mempengaruhi kinerja dari sensor ultrasonik dalam pengukuran volume.



GAMBAR 4. 3
(UJI COBA AREA TERBUKA AKURASI GPS)

Pada Uji Coba di area terbuka dilakukan test berapa akurasi dari titik letak peta dengan lokasi sebenarnya yang diukur dengan meteran didapat kurang lebih ±1,1 m.



GAMBAR 4.4
(UJI COBA AREA DEKAT BANGUNAN)

Pada Uji Coba di area terbuka dilakukan test berapa akurasi dari titik letak peta dengan lokasi sebenarnya yang diukur didapat kurang lebih ±5,1 m.

B. Pengolahan Data Ultrasonik

Perhitungan jarak dilakukan berdasarkan durasi sinyal *echo* sensor ultrasonik, kemudian dikonversi menjadi jarak permukaan sampah dari sensor.

$$d = \frac{t\ x\ v}{2}$$

Keterangan:

a. v = kecepatan suara (0.034 cm/µs)
b. d = jarak objek dari sensor (cm)
c. t = waktu tempuh gelombang ultrasonik (mikrodetik)

d. Pembagian dengan 2 dilakukan karena gelombang berjalan dari sensor ke objek dan kembali ke sensor.

Contoh perhitungan:

Contoh sensor 1:

$$t = 600\mu s$$

$$jarak1 = \frac{600\ x\ 0.034}{2}$$

$$jarak1 = \frac{20.4}{2}$$

$$jarak1 = 10.2\ cm$$

Contoh sensor 2:

$$t = 700\mu s$$

$$jarak2 = \frac{700\ x\ 0.034}{2}$$

$$jarak2 = \frac{23.8}{2}$$

$$jarak2 = 11.9\ cm$$

1. Perhitungan rata – rata 2 sensor:

Untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi kesalahan pembacaan, sistem menggunakan dua sensor ultrasonik yang hasilnya dirata-ratakan.

$$d_{avg} = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan:

a. $d_{avg} =$ jarak rata − rata (cm)

b. $d_{avg} =$ jarak sensor ultrasonik 1(cm)

c. $d_{avg} =$ jarak sensor ultrasonik 2(cm)

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

i. $d_1 = 10.2cm$

ii. $d_2 = 11.9cm$

$$d_{avg} = \frac{10.2 + 11.9}{2}$$

$$d_{avg} = \frac{22.1}{2}$$

$$d_{avg} = 11.05\ cm$$

Referensi Rumus: (Fang et al., 2019)

2. Perhitungan Persentase Volume Sampah:

Persentase volume sampah dihitung berdasarkan perbandingan antara jarak kosong dan jarak aktual sensor.

$$V(\%) = \frac{d_{kosong} - d_{avg}}{d_{kosong}}\ x\ 100\%$$

Keterangan :

a. $V(\%) =$ persentase sampah (%)

b. $d_{kosong} =$ jarak tong kosong (cm)

c. $d_{avg} =$ jarak rata − rata sensor saat ini (cm)

Contoh perhitungan:

Dikertahui:

a. $d_{kosong} = 33cm$

b. $d_{avg} = 16.5cm$

$$V = \frac{33 - 11.05}{33}\ x\ 100\%$$

$$V = \frac{21.95}{33}\ x\ 100\%$$

$$V = 0{,}6652\ x\ 100\%$$

$$V = 66{,}52\%$$

Referensi Rumus: (Ma'arif et al., 2020)

Artinya, tempat sampah saat ini memiliki volume 66,52%.

C. Pengolahan jarak antar lokasi (GPS)

Data koordinat dari GPS diolah untuk menghitung jarak antar titik menggunakan metode perhitungan jarak geografis (misalnya Haversine) agar dapat menampilkan estimasi jarak antar unit pada dashboard. Pengolahan data lokasi dilakukan dengan menghitung jarak antara dua titik koordinat (latitude–longitude) yang dikirim oleh dua modul GPS NEO-6MV2 pada unit tempat sampah Kayangan dan Nirmala. Perhitungan jarak ini menggunakan pendekatan geodesik pada permukaan bumi, sehingga jarak yang dihasilkan merepresentasikan jarak sebenarnya di permukaan bumi (bukan sekadar selisih angka latitude dan longitude). Selain menghitung jarak antar unit, sistem juga menganalisis stabilitas koordinat yang diterima GPS pada kondisi lingkungan yang berbeda. Pada area terbuka, koordinat cenderung lebih cepat didapat dan lebih stabil sedangkan pada area dekat bangunan koordinat lebih fluktuatif. Dengan demikian, kualitas data lokasi tidak hanya bergantung pada modul GPS, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh lingkungan pemasangan dan kondisi penerimaan sinyal

D. Analisis ketinggian/kepenuhan sampah

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan dua sensor ultrasonik membantu meningkatkan representasi pembacaan ketika permukaan sampah tidak merata, karena nilai rata-rata lebih stabil dibandingkan pembacaan satu sensor.

TABEL 4.1
(HASIL PENGUKURAN AWAL DAN PARAMETER TEMPAT SAMPAH)

ID	volume	waktu
12880	61.57 %	10/12/2025 10:22:41
12879	61.58 %	10/12/2025 10:22:37
12878	61.6 %	10/12/2025 10:22:32
12877	61.62 %	10/12/2025 10:22:27
12876	61.69 %	10/12/2025 10:22:23

Hasil data diatas merupakan uji coba data jika sampah itu miring saat menggunakan dua sensot ultrasonik. Sampah yang miring tersebut dideteksi dengan data yang didapat yaitu belum sepenuhnya penuh, dikarenakan salah satu sisi masih bisa terisi sampah lagi.



GAMBAR 4.5
(UJI COBA PENGGUNAAN 2 ULTRASONIK)

Dalam uji coba dilakukan pengambilan data menggunakan dua sensor ultrasonik jika sampah yang didalam miring, sehingga membuat salah satu sisi tersebut masih bisa terisi. Sampah diletakkan di salah satu sisi untuk mengetahui data volume ketika sampah tersebut dalam keadaan miring.

E. Analisis data lokasi tempat sampah

Analisis data lokasi yang dikumpulkan oleh modul GPS menunjukkan bahwa pemantauan lokasi tempat sampah secara real-time sangat berguna untuk pengelolaan sampah. Dengan data ini, petugas kebersihan dapat mengetahui dengan pasti tempat sampah mana yang penuh dan memerlukan pengosongan. Informasi ini dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan rute pengambilan sampah.

Rumus rata – rata latitude dan longitude (Spiegel & Stephens, 2007)

Misal dalam satu GPS ada 5 data:

Latitude:

$$lat_1, lat_2, lat_3, lat_4, lat_5$$

Longitude:

$$lon_1, lon_2, lon_3, lon_4, lon_5$$

Rumus rata-rata latitude

$$lat_avg = \frac{lat_1, lat_2, lat_3, lat_4, lat_5}{2}$$

Rumus rata-rata longitude

$$lon_avg = \frac{lon_1, lon_2, lon_3, lon_4, lon_5}{2}$$

Contoh perhitungan

Gps10 (latitude) :

-7.309563

-7.309564

-7.309562

-7.309567

-7.309567

1. Jumlahkan semua latitude

$$-7.309563 + -7.309564 + -7.309562 + -7.309567 + -7.309567 = -36.547823$$

2. Bagi dengan jumlah data (5)

$$lat_{avg} = \frac{-36.547823}{5} = -7.3095646$$

Longitude caranya juga sama.

Rumus yang dipakai adalah rata-rata aritmatika / mean sederhana:

$$Mean = \frac{Total\ Nilai}{Jumlah\ Data}$$

Tabel 4.2
Hasil rata – rata dari data 50 kali gps.

Lokasi	Latitude	Longitude	Waktu	Gambar
Lokasi 1	-7.3074136	112.7298148	15:48	
Lokasi 2	-7.3077326	112.7296538	16:00	
Lokasi 3	-7.307979	112.7289504	16:02	
Lokasi 4	-7.3085106	112.728637	16:06	
Lokasi 5	-7.3091252	112.7285114	16:08	

Lokasi 6	-7.3090858	112.7279062	16:12	
Lokasi 7	-7.308859	112.7280012	16:15	
Lokasi 8	-7.3086322	112.72.801	16:18	
Lokasi 9	-7.3092922	112.728439	16:25	
Lokasi 10	-7.3088674	112.7285194	16:35	

Tabel diatas merupakan hasil rata – rata dari setiap lokasi yang berasal dari data hasil 50 kali gps mengirimkan lokasi, setelah mendapat 5 koordinat penulis melakukan rata – rata untuk setiap lokasi. Penulis melakukan perhitungan mengguna rumus mean untuk setiap lokasi dan didapat data yang menujukkan setiap lokasi yang telah dilakukan rata – rata. Penulis juga menambahkan gambar peta setiap lokasi yang telah dihitung rata – ratanya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan tempat sampah berbasis IoT yang mendukung pengelolaan sampah lebih efisien dan terorganisir melalui pemantauan real-time. Sistem menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian/kepenuhan sampah, dan penerapan dua sensor meningkatkan keandalan pembacaan saat permukaan sampah tidak merata sehingga status “penuh” lebih akurat sebelum dikirim ke website untuk dimonitoring. Selain itu, integrasi GPS membantu petugas menemukan lokasi tempat sampah yang perlu ditangani tanpa pemeriksaan manual, sehingga proses penjadwalan pengangkutan menjadi lebih cepat dan tepat. Secara keseluruhan, kombinasi ESP32, sensor ultrasonik, dan GPS terbukti efektif untuk otomatisasi pemantauan kepenuhan dan lokasi tempat sampah, yang pada akhirnya dapat mengurangi risiko penumpukan sampah serta mempermudah tugas petugas kebersihan.

REFERENSI

Ahmad Ma, R., & Hayati, N. (2019). Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metde Fuzzy Logic Berbasis IOT. *Jurnal Infomedia*, *4*(2).

Boresi, A., Schmidt, R., & Mei, F. (2001). Engineering Mechanics: Dynamics . *Applied Mechanics Reviews*, *54*(6). https://doi.org/10.1115/1.1421111

Citra, D., Hari, I., & Sarjana. (2020). Platform Web Sebagai Penampil Data Monitoring Kotak Sampah Berbasis IoT. *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, *3*(2), 162–175.

Fang, Y.-Y., Chen, C.-F., & Wu, S.-J. (2019). Feature identification using acoustic signature of Ocean Researcher III (ORIII) of Taiwan. *ANZIAM Journal*, *59*. https://doi.org/10.21914/anziamj.v59i0.12655

Fielding, R., Nottingham, M., & Reschke, J. (2022). *RFC 9110 HTTP Semantics Abstract*. *c*, 1–194.

Hasnul, ’Aqila Safira, Munadi, R., & Santoso, I. H. (2021). Sistem Pemantauan Ketinggian Sampah Berbasis IOT dengan Penunjuk GPS Waste Level Monitoring System Based On The IOT With a GPS Pointer. *E-Procedding of Engineering*, *8*(5), 5520–5529.

Ma’arif, R. A., Fauziah, F., & Hayati, N. (2020). Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT. *Jurnal Infomedia*, *4*(2). https://doi.org/10.30811/jim.v4i2.1571

Nistrina, K., & Dwi, S. A. (2023). Rancangan Dan Implementasi Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic. *Jurnal Informatika-COMPUTING*, *10*, 21–25.

Parameter, E. (n.d.). *Ultrasonic Ranging Module HC - SR04*. 3–5.

Rahayu, S., & Ferdian, S. (2022). Sistem Monitoring Volume Tempat Sampah Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy. *SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi Dan Riset Terapan)*, *4*(0), 340–343.

Safitri, M., Riziq Zulfian, M., & Kunci, K. (2021). JIKA | 391 APLIKASI SMART TRASH BIN MONITORING SYSTEM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) Article history. *Jika*, *ISSN*, 2722–2713.

Samantaray, Y., Rhyu, J., Ko, Y., Cohen, A. E., Braatz, R. D., & Bazant, M. Z. (2025). Interpretable Acoustic Emissions from Li-Ion Batteries. *ECS Meeting Abstracts*, *MA2025-02*(4). https://doi.org/10.1149/ma2025-024710mtgabs

Satria, D. (2023). *Perancangan Tempat Sampah Otomatis Dengan Sistem Monitoring Ketinggian Sampah Berbasis Web*. *3*(2), 2775–5274.

Snyder, J. P. (1987). Map projections - a working manual. *US Geological Survey Professional Paper*, *1395*.

Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2007). Schaum's Outline of Theory and Problems of Statistics. In *Statistics*.

Syaifudin, M., Rofii, F., & Qustoniah, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Dan Penerangan Jalan Berbasis Wireles Sensor Network (Wsn). *Transmisi*, *20*(4), 158. https://doi.org/10.14710/transmisi.20.4.158-166

Teten Dian Hakim, Y. P. M. (2022). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN SENSOR JARAK BERBASIS MIKROKONTROLER PADA TEMPAT SAMPAH. *10*, ארץ(8.5.2017), 2005–2003.

Zhafira, Fi. A., Zulherman, D., & Pujiharsono, H. (2019). Analisis dan Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Berbasis IOT menggunakan Protokol MQTT. *Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media (CENTIVE)*, *1*(1), 302–307.