

Inovasi Tempat Sampah Pintar Berbasis ESP32 : Integrasi Sensor Infra Merah dan Bot Telegram untuk Notifikasi Sampah Penuh

Fauzab Graha Dwi Putra ^{*1}

Muhamad Fadhil ²

Allegra Alif Rahman ³

Mohammad Akbar Alfa DS ⁴

Fauzan Naufal Gibran R ⁵

Anton Wira Pratama ⁶

Brian Mariano Rahmanto ⁷

Muhammad Kaisar H ⁸

Arman Hidayat ⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9} Institut Pertanian Bogor

*e-mail : armanajaarman@apps.ipb.ac.id ¹, fauzannaufalgibran@apps.ipb.ac.id ²,
muhamadfadhil@apps.ipb.ac.id ³, brianmario30brian@apps.ipb.ac.id ⁴,
muhammadcaesarhidayat@apps.ipb.ac.id ⁵, Steyerakbar@apps.ipb.ac.id ⁶, fauzanputra@apps.ipb.ac.id ⁷,
kaga.anton@apps.ipb.ac.id ⁸

Abstrak

Pengelolaan sampah yang efektif dan efisien sangat penting untuk menjaga kemurnian lingkungan dan kesehatan masyarakat. Sistem pengelolaan sampah tradisional sering menghadapi masalah seperti jadwal pengumpulan yang tidak efisien, pemantauan real-time yang tidak memadai, dan keterlibatan manusia yang berlebihan dengan tempat sampah. Untuk mengatasi masalah ini, kami menghadirkan sistem tempat sampah pintar yang menggunakan mikrokontroler ESP32, pelindung baterai, pengatur tegangan step-down, indikasi LCD, dan sensor ultrasonik untuk mengotomatiskan deteksi dan pelaporan tingkat limbah. Metode ini dimaksudkan untuk mengurangi kontak pengguna dengan tutup tempat sampah sambil memberikan pemberitahuan waktu nyata kepada profesional kebersihan, sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah. Sistem smart bin terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat; pelindung baterai, yang memastikan catu daya yang stabil; regulator tegangan step-down, yang menyesuaikan tegangan baterai ke tingkat yang sesuai; sensor ultrasonik, yang mengukur tingkat limbah; dan indikator LCD, yang memberikan umpan balik visual tentang status tempat sampah. ESP32 memonitor data sensor ultrasonik dan, ketika bin penuh terdeteksi, mengirim pesan real-time ke profesional pembersih melalui Wi-Fi. Indikasi LCD menampilkan status tempat sampah, seperti tempat sampah daya atau penuh.

Kata kunci: Indikator LCD, Kebersihan lingkungan, Kesehatan masyarakat, mikrokontroler ESP32, Pemantauan waktu nyata, Pengatur tegangan step-down, Pengelolaan limbah, Pelindung baterai, Sensor ultrasonik, Smart Bin System

Abstract

Effective and efficient waste management is essential for maintaining environmental purity and public health. Traditional waste management systems often face problems such as inefficient collection schedules, inadequate real-time monitoring, and excessive human involvement with waste bins. To solve this problem, we present a smartbin system that uses an ESP32 microcontroller, battery protector, step-down voltage regulator, LCD indication, and ultrasonic sensors to automate waste level detection and reporting. This method is intended to reduce user contact with bin lids while providing real-time notifications to cleaning professionals, thereby improving the efficiency of waste management. The smart bin system consists of several main components, including the ESP32 microcontroller, which serves as a central processing unit; battery protector, which ensures a stable power supply; step-down voltage regulator, which adjusts the battery voltage to the appropriate level; ultrasonic sensors, which measure the level of waste; and LCD indicators, which provide visual feedback on the status of the bin. The ESP32 monitors ultrasonic sensor data and, when a full bin is detected, sends a real-time message to the cleaning professional via Wi-Fi. The LCD indication displays the status of the bin, such as power or full bin.

Keywords: Battery protector, Environmental cleanliness, ESP32 microcontroller, LCD indicator, Public health, Real-time monitoring, Smart Bin System, Step-down voltage regulator, Ultrasonic sensor, Waste management

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah sangat penting untuk menjaga integritas ekosistem dan melindungi kesehatan masyarakat. Namun, ada sejumlah masalah intrinsik dengan sistem pengelolaan limbah tradisional, termasuk jadwal pengumpulan yang buruk, kurangnya kemampuan pemantauan real-time, dan ketergantungan yang besar pada tenaga kerja manual untuk pengolahan sampah. Kelemahan ini berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan masyarakat secara serius dengan menyebabkan tong sampah meluap, lingkungan kotor, dan alokasi sumber daya yang buruk (Suwarno dan Nasrudin 2019). Sampah adalah tempat sementara untuk menyimpan sampah, biasanya terbuat dari logam atau plastik. Beberapa sampah memiliki penutup di bagian atas untuk mencegah bau keluar (Nugroho dan Djaksana 2022).

Banyak orang sadar akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan mereka, tetapi banyak yang tidak menyadarinya. Hal itu bisa dilihat dari banyaknya sampah yang bocor di jalan raya, di tamankota, atau bahkan di mana saja, karena ketidaksadaran manusia. Peralatan rumah tangga telah dilengkapi dengan mikrokontroler, sensor, dan aktuator, serta modul komunikasi, memungkinkan pemantauan jarak jauh dan koneksi internet (Yahya 2018) (Fatmawati *et al.* 2020).

Jumlah limbah yang dihasilkan meningkat karena urbanisasi dan ekspansi populasi terus berlanjut, menyoroti kebutuhan mendesak untuk meningkatkan sistem pengelolaan limbah (Hakim dan Munthe 2022). Metode tradisional sebagian besar mengandalkan inspeksi manual padat karya dan jadwal pengumpulan yang ketat, yang tidak efektif. Dengan demikian, tempat sampah terlalu banyak dikosongkan, membuang-buang bahan bakar dan waktu, atau kurang dikosongkan, menyebabkan luapan dan kerusakan lingkungan. Dimana ide ini dapat menghubungkan item ke Internet untuk memantau dan mengontrolnya melalui jaringan Internet. Ini juga memungkinkan pemantauan aktivitas jarak jauh menggunakan smartphone, komputer, atau laptop (Kristanti *et al.* 2023).

Otomasi juga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas manusia, mengurangi kesalahan pekerjaan, dan mengurangi biaya operasional (Munandar *et al.* 2023). Banyak ide dan inovasi teknologibaru bersama dengan kemajuan teknologi mikrokontroler pada tempat sampah, yang dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan (Aritonang *et al.* 2017). Kedatangan teknologi membuka cara yang berpotensi efektif untuk mengurangi kesulitan ini. Ada banyak manfaat menggunakan sistem pengelolaan limbah cerdas yang mencakup sistem deteksi otomatis, pemberitahuan tepat waktu, dan pemantauan waktu nyata (Wiganda 2016). Kemajuan ini dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya secara keseluruhan, membatasi interaksi manusia dalam prosedur pengolahan limbah, dan mengoptimalkan jadwal pengumpulan. Sampah organik dan anorganik adalah jenis sampah yang paling umum ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Sampah organik berasal dari sumber daya alam yang dapat diuraikan oleh manusia, seperti sisa makanan, tumbuhan, dan hewan (Imran dan Rasul 2020).

Melalui penggunaan teknologi mutakhir, sistem smart bin yang disarankan mencerminkan upaya terkonsentrasi untuk mengatasi masalah ini. Sistem ini menyederhanakan operasi identifikasi dan pelaporan sampah dengan memanfaatkan komponen termasuk mikrokontroler ESP32, pelindung baterai, regulator tegangan step-down, indikasi LCD, dan sensor ultrasonik. Pengelolaan sampah tradisional, yang bergantung pada pengumpulan sampah manual dan upaya manusia, tidak efisien dan tidak efektif, dan dapat menyebabkan penumpukan sampah, pencemaran lingkungan, dan ketidaknyamanan (Suwarno dan Nasrudin 2019). Terkadang metode yang berbeda diperlukan untuk meningkatkan kesadaran siswa akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan (Wafi *et al.* 2020). Otomatisasi ini meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kebutuhan akan intervensi manusia yang sering. Pemberitahuan yang dikirim secara real time ke pakar sanitasi menjamin pengumpulan sampah yang tepat waktu dan terfokus, memaksimalkan penggunaan sumber daya dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih (Muhammad *et al.* 2018) (Sohor *et al.* 2020).

Kesimpulannya, telah terjadi perubahan paradigma yang revolusioner dengan penerapan teknologi pintar dalam pengelolaan sampah (Perdana dan Wellem 2023). Sistem ini menunjukkan janji besar untuk memperbaiki inefisiensi yang sudah mendarah daging dalam pendekatan pengelolaan limbah konvensional dengan mengotomatiskan prosedur penting dan memungkinkan pemantauan dan peringatan waktu nyata.

METODE

Pengembangan dan implementasi sistem smart bin melibatkan beberapa tahap utama: desain, konfigurasi perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan pengujian. Setiap tahap berfokus padaintegrasi dan optimalisasi komponen sistem untuk mencapai pengelolaan limbah yang efisien.

1. Desain sistem:

- a. Tujuan: Tentukan persyaratan sistem dan desain arsitektur.
- b. Komponen:
 - i. ESP32 Microcontroller: Dipilih karena konsumsi dayanya yang rendah, kemampuan Wi-Fi bawaan, dan kemudahan pemrograman.
 - ii. Pelindung Baterai: Menyediakan catu daya yang stabil dan mencakup fitur pengisian daya dan perlindungan.
 - iii. Step-Down Voltage Regulator: Mengubah tegangan baterai ke tingkat yang sesuai untuk ESP32 dan komponen lainnya.
 - iv. Sensor Ultrasonik: Mengukur jarak ke tingkat limbah di tempat sampah.
 - v. Indikator LCD: Memberikan umpan balik visual tentang status tempat sampah (misalnya, power on, bin penuh).

2. Konfigurasi Perangkat Keras:

- a. Perakitan: Integrasikan mikrokontroler ESP32 dengan pelindung baterai, regulator tegangan step-down, sensor ultrasonik, dan indikator LCD.
- b. Pemasangan: Pasang sensor ultrasonik di bagian atas tempat sampah untuk mengukur tingkat limbah secara akurat. Posisikan indikator LCD agar mudah terlihat.
- c. Catu Daya: Hubungkan pelindung baterai untuk memastikan sistem memiliki sumber daya yang stabil. Gunakan regulator tegangan step-down untuk mengelola kebutuhan daya.

3. Pengembangan Perangkat Lunak:

- a. Memprogram ESP32:
 - i. Pemrosesan Data Sensor: Kembangkan kode untuk terus membaca data dari sensor ultrasonik.
 - ii. Deteksi Ambang Batas: Menerapkan logika untuk menentukan kapan bin penuh berdasarkan data sensor.

iii. Sistem Pemberitahuan: Program ESP32 untuk mengirim pemberitahuan real-time melalui Wi-Fi ketika bin mencapai tingkat pengisian yang telah ditentukan.

iv. Kontrol LCD: Sertakan kode untuk mengelola indikator LCD, ubah statusnya berdasarkan status tempat sampah.

b. Konektivitas: Memanfaatkan kemampuan Wi-Fi bawaan ESP32 untuk memungkinkan komunikasi real-time dengan server jarak jauh atau aplikasi seluler untuk pemberitahuan.

4. Pengujian dan Validasi:

a. Pengujian Awal: Lakukan tes awal untuk memverifikasi perakitan perangkat keras dan fungsionalitas perangkat lunak. Pastikan bahwa sensor ultrasonik secara akurat mengukur tingkat limbah dan ESP32 memproses dan merespons data ini dengan benar.

b. Simulasi Kondisi: Simulasikan tingkat limbah yang berbeda untuk menguji respons sistem. Periksa apakah indikator LCD mencerminkan status tempat sampah dengan benar dan apakah pemberitahuan segera dikirim.

c. Pengujian Lapangan: Menyebar sistem di lingkungan dunia nyata untuk memantau kinerjanya dari waktu ke waktu. Kumpulkan data tentang keandalan, akurasi, dan dampaknya terhadap efisiensi pengelolaan limbah.

d. Efisiensi Energi: Pantau konsumsi daya sistem, pastikan ESP32 memasuki mode daya rendah saat tidak secara aktif memproses data atau mengirim pemberitahuan, sehingga memperpanjang masa pakai baterai.

Dengan mengikuti metode ini, sistem smart bin dirancang, dikembangkan, dan diuji untuk memastikannya memenuhi tujuan pengelolaan limbah yang efisien dan efektif. Integrasi pemantauan real-time, deteksi otomatis, dan pemberitahuan tepat waktu bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengumpulan sampah, mengurangi intervensi manusia, dan mempromosikan kebersihan lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

1. Akurasi Deteksi Tingkat Limbah:

○ Sistem smart bin menunjukkan akurasi tinggi dalam mendeteksi tingkat limbah menggunakan sensor ultrasonik. Selama pengujian, sensor secara konsisten mengukur jarak ke permukaan limbah dalam margin kesalahan ± 1 cm.

○ Sistem mengidentifikasi dengan benar saat bin mencapai ambang batas yang telah ditentukan (misalnya, 80% penuh) dan memicu notifikasi yang sesuai.

2. Penyebaran Lapangan:

○ Sistem smart bin digunakan di lingkungan dunia nyata selama dua bulan. Ini mempertahankan kinerja yang konsisten, secara akurat mendeteksi tingkat limbah dan mengirim pemberitahuan tepat waktu tanpa memerlukan perawatan yang sering.

○ Data yang dikumpulkan selama periode ini menunjukkan peningkatan yang nyata dalam efisiensi pengelolaan limbah. Tempat sampah dikosongkan lebih tepat waktu dan sumber daya digunakan lebih efektif, mengurangi contoh jadwal pengumpulanyang meluap dan kurang dimanfaatkan.

3. Akurasi Deteksi Tingkat Limbah:

- Sistem smart bin menunjukkan akurasi tinggi dalam mendeteksi tingkat limbah menggunakan sensor ultrasonik. Selama pengujian, sensor secara konsisten mengukur jarak ke permukaan limbah dalam margin kesalahan ± 1 cm.
- Sistem mengidentifikasi dengan benar saat bin mencapai ambang batas yang telah ditentukan (misalnya, 80% penuh) dan memicu notifikasi yang sesuai.

4. Sistem Pemberitahuan Real-Time:

- Mikrokontroler ESP32 berhasil mengirimkan notifikasi real-time kepada petugas kebersihan yang ditunjuk saat tempat sampah sudah penuh.
- Pemberitahuan dikirim melalui Wi-Fi, dan pengiriman dikonfirmasi dalam hitungan detik setelah tempat sampah mencapai ambang batas. Pemberitahuan ini dapat dikonfigurasi untuk dikirim melalui email, SMS, atau aplikasi seluler, memberikan fleksibilitas dalam mekanisme peringatan.

5. Kinerja Indikator LCD:

- Indikator LCD secara efektif memberikan umpan balik visual tentang status tempat sampah. LCD hijau signal LCD operasi normal, sedangkan LCD merah menunjukkan bin penuh.
- Isyarat visual langsung ini terbukti berguna bagi personel di lokasi, melengkapi pemberitahuan waktu nyata.

6. Efisiensi energi:

- ESP32 berhasil memasuki mode daya rendah saat tidak aktif memproses data sensor atau mengirim pemberitahuan. Ini secara signifikan mengurangi konsumsi daya dan memperpanjang masa pakai baterai sistem.
- Pelindung baterai dan regulator tegangan step-down bekerja secara efisien, memberikan daya yang stabil dan melindungi sistem dari lonjakan daya.

B. PEMBAHASAN

1. Peningkatan Efisiensi Pengelolaan Limbah:

- Implementasi LCD smart bin system untuk proses pengumpulan sampah yang lebih responsif (Ayutantri *et al.* 2021). Pemantauan dan pemberitahuan real-time memungkinkan petugas kebersihan untuk segera menangani tempat sampah penuh, mencegah luapan dan menjaga kebersihan.
- Sistem ini juga mengurangi perjalanan yang tidak perlu untuk pengumpulan sampah, karena tempat sampah hanya dikosongkan bila perlu, mengoptimalkan penggunaan waktu dan bahan bakar.

2. Pengurangan Interaksi Manusia:

- Dengan mengotomatiskan proses deteksi dan pemberitahuan, sistem smart bin meminimalkan kebutuhan inspeksi manual (Islamy 2023). Ini tidak hanya mengurangi biaya tenaga kerja tetapi juga menurunkan risiko kontaminasi dan paparan limbah untuk petugas kebersihan.
- Desain sistem memastikan bahwa interaksi manusia dengan tutup tempat

sampah diminimalkan, yang selanjutnya meningkatkan kebersihan dan keamanan.

3. Skalabilitas dan Kemampuan Beradaptasi:

- Desain modular sistem smart bin membuatnya mudah diskalakan. Sensor dan tempat sampah tambahan dapat diintegrasikan ke dalam jaringan, memungkinkan pengelolaan limbah yang komprehensif di area yang lebih luas.
- Kemampuan beradaptasi sistem terhadap berbagai metode notifikasi (email, SMS, aplikasi seluler) memberikan fleksibilitas dalam cara peringatan dikelola dan diterima oleh petugas kebersihan.

4. Tantangan dan Keterbatasan:

- Sementara sistem berkinerja baik, pengaturan awal dan kalibrasi sensor ultrasonik membutuhkan presisi untuk memastikan deteksi tingkat limbah yang akurat.
- Masalah konektivitas jaringan di area tertentu dapat menunda pemberitahuan. Memastikan jangkauan Wi-Fi yang kuat sangat penting untuk kinerja yang optimal.
- Biaya komponen dan instalasi mungkin menjadi pertimbangan untuk penyebaran skalabesar, meskipun penghematan jangka panjang dalam efisiensi dan manajemen sumber daya dapat mengimbangi investasi awal ini.

5. Perbaikan di Masa Depan:

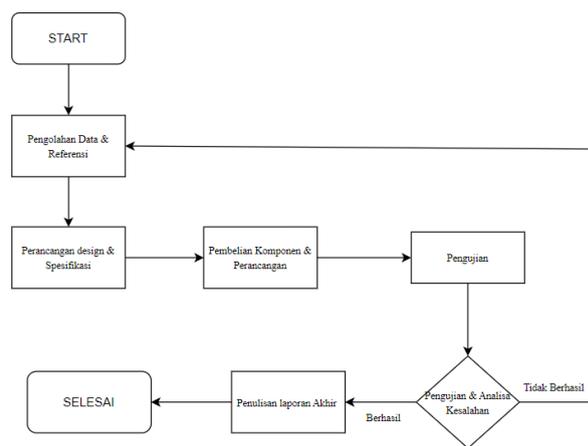
- Iterasi masa depan dari sistem tempat sampah pintar dapat mencakup panel surya untuk lebih meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan.
- Integrasi dengan platform analisis data dapat memberikan wawasan tentang polatimbulan limbah, membantu lebih mengoptimalkan jadwal pengumpulan dan alokasi sumber daya.
- Menambahkan fitur seperti sensor bau dapat memberikan pemantauan kondisi tempat sampah yang lebih komprehensif, meningkatkan strategi pengelolaan limbah secara keseluruhan.

C. TABEL DAN GAMBAR

1. Perencanaan Desain

Proyek penerapan sensor kapasitas adalah sistem pembuangan sampah secara otomatis, sehingga pembuangan lebih efisien menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Dengan demikian, petugas Dinas Lingkungan Hidup (DLH) yang bertugas mengumpulkan sampah di TPS dapat menyesuaikan rute pengumpulan sehingga akan lebih efisien dalam pengumpulan.

2. Flowchart



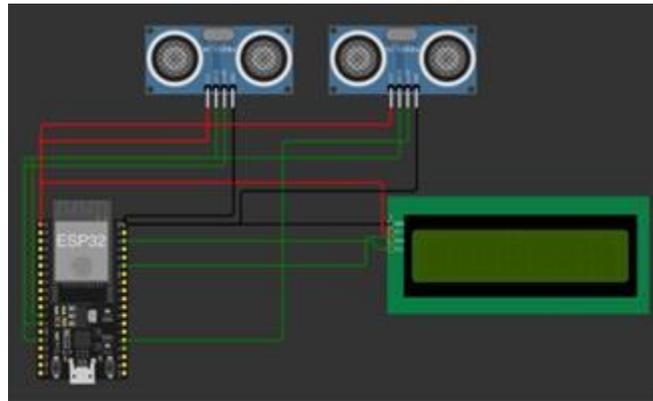
Gambar 1 Flowchart perancangan alat

Flowchart dirancang untuk menunjukkan alur pekerjaan proyek IoT dari tahapan teknis pengumpulan data hingga pembuatan laporan akhir, flowchart digunakan untuk menganalisis,

mengatur, merancang, dan mengatur suatu proses kerja sehingga pekerjaan menjadi lebih fokus.

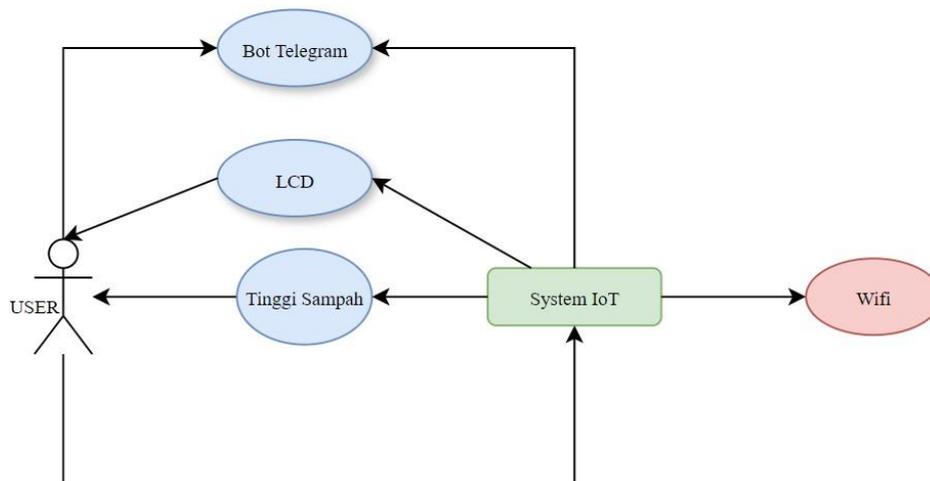
3. Skema Rangkaian

Skema rantai yang digunakan untuk pengumpulan sampah oleh DLH menjadi lebih optimal. Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali seluruh jaringan, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi kedalaman sampah (Sari 2021). Rangkaian sensor mengirimkan data ke modul ESP32, kemudian ESP32 akan memproses data kemudian akan ditampilkan pada LCD I2C dan juga akan dikirim ke pengguna melalui Telegram BOT. Ini dapat membantu melacak rute dan menjadwalkan pengambilan sampah oleh petugas DLH.



Gambar 2 Skema rangkaian

4. Usecase Diagram



Gambar 3 Usecase diagram

Sistem ini digunakan untuk memudahkan pengguna melihat kontainer yang tersedia di lokasi sampah dan dapat mengatur rute dan jadwal pengumpulan oleh DLH agar lebih efisien, ada beberapa komponen:

- User: pengguna yang dapat memantau melalui antarmuka.
- Telegram bot: Bot ini berfungsi sebagai antarmuka yang digunakan untuk memberikan informasi dan dapat memantau.
- LCD: berfungsi sebagai antarmuka untuk pemantauan.
- Wifi: menghubungkan konektivitas untuk menjaga semua sistem tetap berjalan.
- Sistem IoT: di mana semua komponen dioperasikan.

- Tinggi limbah: Berfungsi menggerakkan sampah.

5. Alur kerja:

- Pengguna dapat mengirim pesan atau menerima informasi dari bot telegram terkait status sampah.
- Sistem secara otomatis mengukur kapasitas sampah dan akan melaporkannya ke bot telegram.
- Pengguna dapat melihat kapasitas melalui BOT, telegram, dan juga LCD.
- Konektivitas Wifi harus selalu terhubung ke semua perangkat agar sistem dapat berjalan.
-

KESIMPULAN

Studi ini mengembangkan dan menguji sistem pembuangan sampah pintar berbasis ESP32 dengan sensor inframerah dan bot Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi semua kondisi sampah dan mengirim pemberitahuan kepada petugas sanitasi secara real time. Oleh karena itu, sistem ini memberikan solusi praktis dan efisien untuk masalah pengelolaan sampah, mengurangi jumlah orang yang berinteraksi langsung dengan TPA, dan meningkatkan efisiensi operasional. Diharapkan teknologi ini dapat diterapkan lebih luas untuk meningkatkan kesehatan dan kebersihan lingkungan di berbagai tempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang PLE, Bayu EC, K SD, Prasetyo J. 2017. Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Cerdas Otomatis the Prototype of Automatic Smart Trash Clustering Tool. *Snitt.*:375–381.
- Ayutantri DA, Dedy Irawan J, Wibowo SA. 2021. PENERAPAN IoT (Internet of Things) DALAM PEMBUATAN TEMPAT SAMPAH PINTAR UNTUK RUMAH KOS. *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.* 5(1):115–124.[doi:10.36040/jati.v5i1.3263](https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3263).
- Fatmawati K, Sabna E, Irawan Y. 2020. Design of a Smart Trash Can Using an Arduino Microcontroller-Based Proximity Sensor. *Riau J. Comput. Sci.* 6(2):124–134.
- Hakim TD, Munthe YP. 2022. RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN SENSOR JARAK BERBASIS MIKROKONTROLER PADA TEMPAT SAMPAH. *Science (80-.).* 7(1):1–8.
- Imran A, Rasul M. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32. *J. Media Elektr.* 17(2):2721–9100.
- Islamy CC. 2023. Rancang Bangun Monitoring Volume Dan Segregasi Sampah Dengan Sensor Ultrasonik. *Senakama Pros. Semin. Nas. Karya Ilm. Mhs.* 2(1):762–777.
- Kristanti N, Samsugi S, Surahman A, Pratama RF, Adam RI. 2023. Penerapan Sensor Ultrasonik Pada Kotak Sampah Otomatis Menggunakan Telegram Dan Alarm Suara. *J. Tek. dan Sist. Komput.* 3(2):67–78.[doi:10.33365/jtikom.v3i2.2347](https://doi.org/10.33365/jtikom.v3i2.2347).
- Muhammad T, Ainul M, Samsul Efendi M. 2018. Analisis Usahatani Ubi Kayu (Manihot utilissima). *Agrium.* 24(1):1689–1699.
- Munandar A, Veronika NDM, Abdulllah D, Sahputra E. 2023. Perancangan Miniatur Mesin Pengisi Cairan Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IOT (Internet of Things). *Komitek.* 3(1):69–78.
- Nugroho BA, Djaksana YM. 2022. Implementasi Mikrokontroler Arduino Uno dan Multi Sensor Pada Tempat Sampah. *J. Sci. Sacra J. Sains.* 2(4):70–77.
- Perdana JP, Wellem T. 2023. Perancangan Dan Implementasi Sistem Kontrol Untuk Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Arduino Dan Sensor Ultrasonik. *IT-Explore J. Penerapan Teknol. Inf. dan Komun.* 2(2):104–117.[doi:10.24246/itexplore.v2i2.2023.pp104-117](https://doi.org/10.24246/itexplore.v2i2.2023.pp104-117).
- Sari RL. 2021. Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Bebasis ESPP32. *Ind. High. Educ.* 3(1):1689–1699.

- Sohor S, Mardeni, Irawan Y, Sugiati. 2020. Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Dan Sensor Ultasonik Dengan Notifikasi Telegram. *J. Ilmu Komput.* 9(2):154- 160.doi:10.33060/jik/2020/vol9.iss2.182.
- Suwarno A, Nasrudin ME. 2019. SISTEM PENDETEKSI KAPASITAS TEMPAT SAMPAH PENUH SECARAOTOMATIS DI BAK SAMPAH BERBASIS ARDUINO. 9(1):87-94.
- Wafi A, Setyawan H, Ariyani S. 2020. Prototipe Sistem Smart Trash Berbasis IOT (Internet Of Things) dengan Aplikasi Android. *J. Tek. Elektro dan Komputasi.* 2(1):20-29.doi:10.32528/elkom.v2i1.3134.
- Wiganda W. 2016. Kotak Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Sensor Asap Berbasis Arduino.3(1):1-12.
- Yahya R. 2018. Purwarupa Kotak Sampah Pintar Berbasis IoT (Internet Of Things). (Agustus):1-15.