

Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Pada Rumah Sakit Umum Sungailiat

Muhammad Faqih Taqiyuddin Haqani¹, Muhammad Ega Rivanda¹, Yudhi¹, Parulian Silalahi¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : faqihgemesh22@gmail.com

Received: 23 Desember 2025; Received in revised form: 16 Juli 2026; Accepted: 6 Juli 2026

Abstract

This study presents the implementation of an IoT-based smart waste bin designed for hospital environments to monitor waste capacity and detect hazardous medical waste (B3). Effective waste management in hospitals is critical to prevent contamination and ensure environmental safety. The proposed system integrates ultrasonic sensors to measure waste capacity and an MQ-135 gas sensor to detect hazardous gases, controlled by an ESP32 microcontroller. Waste status data are transmitted in real time to a mobile monitoring application via an IoT platform, enabling automatic notifications when waste reaches critical capacity levels. Experimental results show that the system can measure waste levels with an accuracy of ± 2 cm and deliver notifications with an average latency below 2 seconds. The proposed system demonstrates potential to improve efficiency, safety, and responsiveness in hospital waste management.

Keywords: IoT; smart waste bin; hospital waste; B3 waste; waste monitoring

Abstrak

Penelitian ini membahas implementasi tempat sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk lingkungan rumah sakit dalam memantau kapasitas sampah dan mendeteksi limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Pengelolaan limbah medis yang efektif sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan menjaga keselamatan lingkungan. Sistem yang diusulkan menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur kapasitas sampah dan sensor gas MQ-135 untuk mendeteksi gas berbahaya, yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Data kondisi tempat sampah dikirim secara real-time ke aplikasi monitoring melalui platform IoT dan dilengkapi dengan notifikasi otomatis ketika kapasitas mencapai ambang batas tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur kapasitas sampah dengan akurasi ± 2 cm dan mengirim notifikasi dengan latensi rata-rata kurang dari 2 detik. Sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi dan keamanan pengelolaan limbah rumah sakit.

Kata kunci: IoT; tempat sampah pintar; limbah rumah sakit; limbah B3; monitoring sampah

1. PENDAHULUAN

Limbah rumah sakit merupakan jenis limbah dengan risiko tinggi karena berpotensi mengandung agen infeksius, bahan kimia berbahaya, serta zat beracun yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa sekitar 15% limbah fasilitas pelayanan kesehatan tergolong sebagai limbah berbahaya [1].

Oleh karena itu, pengelolaan limbah

medis yang tepat menjadi aspek penting dalam menjaga keselamatan pasien, tenaga medis, dan masyarakat. Di Indonesia, pengelolaan limbah B3 di rumah sakit diatur secara ketat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 serta Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tahun 2019 yang mewajibkan pemilahan limbah berdasarkan jenisnya sejak dari sumber. Namun, pada praktiknya, proses pemilahan dan pemantauan kapasitas tempat sampah masih banyak dilakukan secara manual

sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan, keterlambatan pengangkutan, serta risiko kontaminasi bagi petugas kebersihan. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan tempat sampah otomatis berbasis sensor untuk mendeteksi kapasitas penuh [2] [3] serta sistem klasifikasi jenis sampah menggunakan sensor tertentu. [4]. Penelitian lain juga memanfaatkan sensor gas MQ-135 untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya pada limbah B3. [5]. Meskipun demikian, integrasi antara pemantauan kapasitas, deteksi gas berbahaya, dan notifikasi real-time berbasis IoT pada lingkungan rumah sakit masih relatif terbatas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan tahapan perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, serta pengujian performa sistem secara menyeluruh. Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan eksperimental terapan yang berfokus pada perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem tempat sampah pintar berbasis IoT. Desain penelitian menekankan integrasi sensor ultrasonik sebagai pengukur kapasitas dan sensor gas MQ-135 sebagai pendeteksi limbah B3, dengan ESP32 sebagai pusat kendali dan komunikasi data. Metode ini dipilih karena mampu menguji performa sistem secara langsung pada kondisi nyata, khususnya dalam lingkungan rumah sakit yang menuntut ketepatan, kecepatan respon, dan keandalan sistem monitoring. Keberhasilan sistem dievaluasi melalui pengujian akurasi sensor, waktu respon notifikasi, serta stabilitas komunikasi data berbasis IoT.

a. Arsitektur Sistem

Sistem tempat sampah pintar terdiri

dari tiga kompartemen sampah (organik, non-organik, dan B3) yang masing-masing dilengkapi sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian sampah. Sensor gas MQ-135 dipasang untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya yang umumnya dihasilkan oleh limbah B3. Seluruh sensor dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan komunikasi Wi-Fi terintegrasi.

Perangkat Keras

Perangkat keras utama yang digunakan meliputi: Mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengendali, Sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pengukuran kapasitas, Sensor gas MQ-135 untuk deteksi gas berbahaya, Motor servo sebagai aktuator penutup tempat sampah, LCD untuk menampilkan informasi lokal, Rangka tempat sampah berbahan pipa PVC.

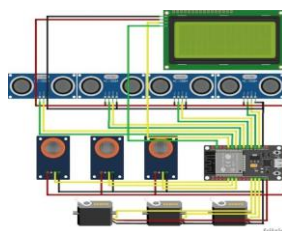
b. **Perangkat Lunak dan IoT** Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE.

Data dari sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke platform IoT untuk ditampilkan pada aplikasi monitoring berbasis smartphone. Sistem notifikasi dikonfigurasi untuk aktif ketika kapasitas sampah mencapai $\geq 80\%$ atau ketika sensor gas mendeteksi nilai di atas ambang batas yang ditentukan.

c. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi:

1. Akurasi pengukuran kapasitas sampah,
2. Respon sensor gas terhadap paparan gas berbahaya,
3. Waktu respon notifikasi pada aplikasi monitoring



Gambar 1. Rancangan Hardware Rangkaian

Tahap selanjutnya adalah digunakan dicover box dan diluar cover box Memasang komponen-komponen yang memasuki tahapan pembuatan dan

menyusun hardware rangkaian elektrik. Tahapan pembuatan alat adalah sebagai berikut. Merakit komponen pengontrol didalam cover box bagian depan tempat sampah seperti Node MCU ESP32, LCD, dan Adaptor. Memasang sensor ultrasonik dan me wiring yang diletakkan di atas cover box dan di atas bagian dalam tempat sampah. Pemasangan sensor gas (MQ135) dan me wiring yang diletakkan juga didalam kotak sampah bagian atas untuk mendeteksi racun. Setelah rangkaian selesai, dilakukan pemrograman mikrokontroler, ini perancangan dan pembuatan perangkat software untuk aplikasi IoT dalam pembuatan Tempat Sampah Pintar yang dibuat menggunakan aplikasi Blynk.

Perangkat software untuk monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT dibuat dengan cara memprogramkan Node MCU ESP32. Menggunakan Arduino IDE agar sensor dapat mendeteksi sampah lalu dikirim ke sebuah aplikasi blynk melalui jaringan Wi-Fi. Selanjut nya membuat desain tampilan aplikasi untuk smartphone yang bisa untuk membuka dan tutup tempat sampah yang dapat dikontrol melalui smartphone. Tahapan pemrograman untuk mikrokontroler sebagai berikut ini. Pemrograman ESP32 di Arduino IDE untuk menampilkan pengubahan data dari sensor ultrasonik dan sensor gas (MQ135) agar bisa ditampilkan pada LCD dan smartphone yaitu blynk Pemrograman ESP32 untuk

menampilkan aman atau bahaya sampah pada smartphone yaitu blynk dan persentase sampah pada LCD dan smartphone.

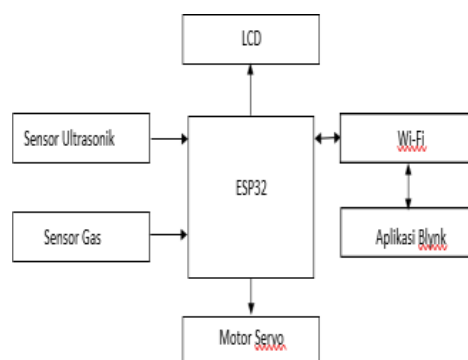
Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sistem pada tempat sampah pintar berbasis IoT dapat berjalan sesuai fungsi yang telah dirancang, baik dari sisi mekanik, elektronik, maupun komunikasi data IoT. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat performa alat dalam kondisi nyata di lingkungan rumah sakit serta mengevaluasi interaksi antar komponen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil perakitan alat ini dilakukan beberapa langkah utama dalam proses pengujian alat, yang dijabarkan secara sistematis untuk mendukung kejelasan dan kelengkapan data yang diperoleh

3.1. Proses perancangan dan perakitan hardware elektrik

Perancangan dan perakitan hardware yang berfungsi sebagai controller atau pengendali bagian alat-alat yang digunakan untuk memantau kapasitas tempat sampah dan bahaya dari racun. Setelah selesai merancang perencanaan hardware sistem tempat sampah pintar, preses selanjutnya adalah merancang diagram blok. Beberapa fungsi diagram blok antara lain.



Gambar 2. Blok Diagram

Menggambarkan hubungan antar komponen. ketika ESP 32 dinyalakan dan sudah terhubung dengan koneksi jaringan Wi-Fi, sensor ultrasonik yang sebagai input mendeteksi keberadaan orang pada jarak tertentu maka ESP32 akan mengaktifkan motor untuk membuka tutup tempat sampah dan jika objek tersebut menjauh, maka motor

akan menutup otomatis pada beberapa detik, lalu sensor ultrasonik pada bagian dalam tempat sampah akan mendeteksi ketinggian permukaan sampah dan ESP32 akan menampilkan persentase kapasitas tempat sampah pada LCD, blynk. Sensor gas juga melalui proses yang sama, yaitu jika terdeteksi racun, maka ESP32 akan mengirim

perintah ke *blynk* untuk menampilkan tanda bahaya pada isi tempat sampah. Berikut merupakan data hasil pengujian terhadap sensor ultrasonik HC-SR04. Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor ultrasonik dan sensor gas serta keandalan sistem monitoring berbasis IoT. Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan bahwa sensor mampu mengukur ketinggian sampah dengan tingkat kesalahan rata-rata ± 2 cm.

Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan bahwa sensor mampu mengukur ketinggian sampah dengan tingkat kesalahan rata-rata ± 2 cm. Data jarak yang diperoleh berhasil dikonversi menjadi persentase kapasitas tempat sampah dan ditampilkan secara real-time pada LCD dan aplikasi Blynk. pada table 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian terhadap sensor ultrasonik HC-SR04

Kategori Sampah	Jarak Awal (cm)	Jarak Akhir (cm)	Persentase
Organik	20	5	75%
B3	20	0	100%
Non Organik	20	15	25%

Berdasarkan data pada Tabel 1, sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan performa pengukuran yang stabil dengan tingkat kesalahan rata-rata ± 2 cm. Selisih pengukuran ini masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi monitoring kapasitas tempat sampah. Konversi data jarak menjadi persentase kapasitas memungkinkan sistem memberikan informasi yang lebih mudah dipahami oleh pengguna. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik cukup andal digunakan dalam lingkungan rumah sakit, meskipun terdapat potensi gangguan akibat bentuk sampah yang tidak seragam.

Pengujian sensor gas MQ-135 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan gas berbahaya atau bau tidak sedap yang biasa muncul dari limbah medis, terutama limbah B3 di lingkungan rumah sakit.

Keterangan: Ambang batas ditentukan dalam kode program, misalnya nilai ADC dari sensor > 200 menunjukkan kondisi "Bahaya". Waktu respon dihitung dari saat sensor terkena gas hingga status di LCD berubah. Notifikasi Blynk dikonfigurasi untuk aktif saat sensor mendeteksi nilai di atas ambang batas.

Tabel 2. Hasil pengujian sensorgas MQ135

No	Bahan Uji yang Digunakan	Kondisi Awal	Deteksi Sensor	Status di Aplikasi (Blynk)	Waktu Respon (detik)
1	Udara normal (tanpa gangguan)	Udara bersih	< ambang batas	Aman	0
2	Asap korek api gas (butana)	Paparan asap	> ambang batas	Bahaya	2-3
3	Alkohol 70% (disemprotkan)	Uap alkohol ringan	> ambang batas	Bahaya	2
4	Waktu 10 detik setelah pengujian	Udara mulai bersih	< ambang batas	Aman	3-5
5	Udara terbuka (ventilasi menyala)	Lingkungan netral	< ambang batas	Aman	0

Hasil pengujian sensor gas MQ-135 menunjukkan bahwa sensor mampu merespons keberadaan gas berbahaya dengan waktu respons rata-rata 2-3 detik. Respon yang relatif cepat ini penting dalam

konteks limbah B3, karena dapat memberikan peringatan dini terhadap potensi bahaya. Fluktuasi waktu respon dipengaruhi oleh intensitas gas dan kondisi sirkulasi udara di sekitar sensor. Dengan

ambang batas yang ditentukan melalui pemrograman, sistem mampu membedakan kondisi aman dan berbahaya secara konsisten, sehingga meningkatkan aspek keselamatan pengelolaan limbah medis.

3.2. Pembuatan tampilan internet of things (IoT) pada smartphone Pembuatan tampilan ini menggunakan aplikasi blynk.

Siapun juga bisa menggunakan aplikasi ini dan mendownloadnya dari playstore di Android. Maksud dari pembuatan program ini untuk menampilkan persentase sampah dan bahaya nya sampah beracun yang di koneksi melalui internet di smartphone. Berikut adalah hasil gambar

tampilan aplikasi monitoring.

3.3. Pengujian notifikasi pada smartphone

Data Pengujian notifikasi dilakukan dengan menghubungkan ESP32 ke aplikasi. Data dari sensor dikirim secara real-time dan notifikasi dikirimkan ke petugas jika kapasitas mencapai ambang batas tertentu. Sistem tempat sampah otomatis ini bekerja secara terpadu antara sensor, mikrokontroler (ESP32), dan platform IoT (Firebase). Berikut alur kerjanya: Deteksi Kapasitas: Sensor ultrasonik membaca tinggi permukaan sampah dari setiap kategori. Pemrosesan Data: Data jarak dikonversi menjadi persentase kapasitas.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Monitoring

Klasifikasi Status: Kapasitas dibandingkan dengan ambang batas: <25%: status hijau (kosong) 25-79%: status kuning (waspada) ≥80%: status merah (penuh). Pengiriman Data: Data dikirim ke Firebase

dan ditampilkan pada aplikasi dashboard. Notifikasi: Jika kapasitas ≥80%, sistem akan mengirimkan notifikasi kepada petugas kebersihan rumah sakit.

Tabel 3. Hasil Pengujian Notifikasi pada SmartPhone

Kondisi	Persentase	Status Notifikasi
Normal	< 25%	Tidak Ada
Waspada	29-79%	Tidak Ada
Penuh	≥ 80%	Notifikasi Terkirim

Pengujian notifikasi menunjukkan bahwa sistem IoT mampu mengirimkan peringatan secara real-time ketika kapasitas tempat sampah mencapai ≥80%. Tidak adanya notifikasi pada kondisi normal dan waspada menandakan bahwa sistem berhasil meminimalkan notifikasi palsu (false alarm). Integrasi antara ESP32 dan platform IoT memastikan informasi diterima oleh petugas kebersihan tanpa keterlambatan signifikan, sehingga proses pengangkutan limbah dapat dilakukan tepat waktu dan

lebih efisien.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian alat tempat sampah pintar berbasis IoT di Rumah Sakit Umum Sungailiat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem tempat sampah pintar berhasil dirancang dengan menggunakan sensor ultrasonik untuk memantau kapasitas masing-masing kompartemen secara real-

time, dan sensor gas (MQ135) untuk mendeteksi racun B3.

2. Penggunaan mikrokontroler ESP32 memungkinkan integrasi data sensor dengan platform IoT (Firebase) untuk memberikan notifikasi otomatis kepada petugas kebersihan rumah sakit ketika kapasitas tempat sampah mencapai $\geq 80\%$.

3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi tingkat kapasitas dengan akurasi cukup tinggi (± 2 cm) dan sistem notifikasi bekerja dengan latensi kurang dari 2 detik.

4. Tempat sampah ini dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam pengelolaan limbah rumah sakit serta mengurangi potensi kontaminasi silang, khususnya untuk limbah B3 yang berbahaya

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besanya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kontribusinya dalam penelitian ini. Kami sangat berterima kasih kepada Bapak Yudhi, M.T selaku pembimbing 1 dan Bapak DR. Parulian Silalahi M,Pd. selaku pembimbing 2 atas bimbingannya yang penuh kesabaran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan fasilitas dan sumber daya yang sangat mendukung keberlangsungan penelitian. Tidak lupa juga kami mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan motivasi serta dukungan moral yang tak ternilai. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat memberikan kontribusi positif serta memberikan solusi yang relevan untuk masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Prasetyo and R. Hadi, "Smart trash bin menggunakan Arduino dan sensor ultrasonik untuk deteksi penuh," 2019.
- [2]. D. Ramadhan, H. Nugroho, and F. Setiawan, "Prototipe tempat sampah cerdas berbasis Arduino dengan tiga jenis klasifikasi," 2022.
- [3]. D. Sari and H. Nugroho, "Implementasi sensor gas MQ-135 pada system deteksi limbah B3 berbasis Arduino," 2020.
- [4]. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit", 2019.
- [5]. C. L. Onyagu, A. I. Godspower, J. John, and C. Okonkwo, "Integration of gas and ultrasonic sensors for monitoring air quality and smart waste bin levels determination: An IoT illustration in solid waste management," *Newport Int. J. Eng. Phys. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 19-28, 2024.
- [6]. W. Pratama and A. Harijono, "The analysis of ultrasonic sensors in smart trash bin technology based on Arduino Nano microcontroller," *J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 3, 2024.
- [7]. A. Rahman et al., "Internet of Things based waste can monitoring system to detect waste can capacity," *J. Artif. Intell. Eng. Appl.*, vol. 5, no. 1, 2025.
- [8]. S. Kumar et al., "Smart waste bin monitoring using IoT for sustainable biomedical waste management," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 32, pp.19434-19449, 2025.
- [9]. I. A. Maulida et al., "Design of IoT-based smart trash bin monitoring using ESP32 and Firebase," *J. Komput. Teknol. Inf. Sist. Inf.*, 2024.
- [10]. World Health Organization, "Global analysis of health care waste," WHO Press, Geneva, 2023.