

(Artikel Penelitian)

Tempat Sampah Pintar Berbasis *Internet of Things* di Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang

Iman Surya Duta¹, Priyadi², Candra Supriadi³

¹ Sistem Komputer, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang; imansuryaduta31@gmail.com

² Sistem Komputer, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang; priyadi@stekom.ac.id

³ Sistem Komputer, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang; candra@stekom.ac.id

* Pemilik Korespondensi: Iman Surya Duta

Abstract: The development of information technology drives the need for digital literacy within Islamic boarding schools or pesantren. Observations at Pesantren Terpadu Ulul Abshor indicate low understanding of the Internet of Things (IoT) and poor waste management that risks disrupting health. This study aims to develop an IoT-based smart trash can using a Wemos D1 Mini micro-controller, ultrasonic sensor, PIR sensor, servo motor, LED indicator, buzzer, and the Blynk application for remote monitoring via smartphone. The Research and Development or R&D method was applied through the stages of design, implementation, and structured testing. The test results show that the entire system functions successfully. The PIR sensor detects human presence, the ultrasonic sensor measures waste capacity accurately, the servo opens and closes automatically, and the Wemos D1 Mini successfully sends full-condition notifications upon reaching 80 percent capacity to the petugas Blynk application. The feasibility test by internal and external validators yielded a total score of 34, placing it in the very good category. This research is beneficial for improving sanitation efficiency while serving as a practical learning medium for IoT technology among students.

Keywords: Smartbin; Internet of Things; Wemos D1 Mini; PIR Sensor; Ultrasonic Sensor; Blynk

Abstrak: Perkembangan teknologi informasi mendorong kebutuhan akan penerapan literasi digital di lingkungan pondok pesantren. Hasil observasi di Pesantren Terpadu Ulul Abshor menunjukkan bahwa pemahaman mengenai Internet of Things (IoT) masih rendah serta pengelolaan sampah belum optimal sehingga berpotensi mengganggu kebersihan dan kesehatan lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan tempat sampah pintar (smart trash can) berbasis IoT menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini, sensor ultrasonik, sensor PIR (Passive Infrared), motor servo, indikator LED, buzzer, serta aplikasi Blynk sebagai media pemantauan jarak jauh melalui smartphone. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian secara terstruktur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem berfungsi dengan baik. Sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan pengguna, sensor ultrasonik mengukur kapasitas sampah secara akurat, motor servo membuka dan menutup tutup tempat sampah secara otomatis, serta Wemos D1 Mini berhasil mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Blynk ketika kapasitas sampah mencapai 80% kepada petugas. Hasil uji kelayakan oleh validator internal dan eksternal memperoleh skor total 34 yang termasuk dalam kategori sangat baik. Penelitian ini memberikan manfaat dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sanitasi sekaligus menjadi media pembelajaran praktis mengenai teknologi IoT bagi para santri.

Kata kunci: Smartbin; Internet of Things; Wemos D1 Mini; Sensor PIR; Sensor Ultrasonik; Blynk

Diterima: June 25, 2026
Direvisi: June 30, 2026
Diterima: July 17, 2026
Diterbitkan: July 17, 2026
Versi sekarang: July 30, 2026



Hak cipta: © 2026 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan informasi yang sangat pesat memudahkan manusia untuk melakukan berbagai hal secara lebih mudah dan efisien [1]. Di era digital saat ini, pemahaman yang mendalam terhadap teknologi tidak sekadar menjadi kebutuhan, tetapi telah menjadi keharusan untuk mendukung keberhasilan di berbagai bidang kehidupan [2]. Generasi muda sebagai agen perubahan masa depan merupakan kelompok yang paling terdampak oleh

kemajuan ini. Oleh karena itu, mereka wajib menguasai teknologi untuk menunjang keberhasilan akademis sekaligus mempersiapkan diri menghadapi dunia kerja yang semakin terintegrasi secara digital.

Pemahaman terhadap teknologi menjadi faktor penting dalam menunjang keberhasilan santri di bidang akademik maupun profesional [3]. Namun, observasi di Pesantren Terpadu Ulul Abshor bertempat di Jl. Karangrejo II No. 25 A, Banyumanik, Kota Semarang, menunjukkan bahwa tingkat pemahaman santri terhadap teknologi modern, seperti Internet of Things (IoT) masih rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut sekaligus meningkatkan pemahaman praktis santri, pesantren memerlukan penerapan inovasi teknologi berbasis IoT. Oleh karena itu pesantren memerlukan inovasi teknologi berperan penting dalam mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan [4].

Latar belakang proposal ini didasarkan pada hasil wawancara dengan Bapak Muklis, staf Pesantren Terpadu Ulul Abshor yang bertanggung jawab atas sanitasi. Beliau menyatakan bahwa pengelolaan tempat sampah di pondok pesantren belum memiliki mekanisme pengawasan oleh petugas kebersihan. Akibatnya, sering terjadi penumpukan sampah yang tidak terdeteksi dini. Hal ini berpotensi menimbulkan masalah kesehatan serta kerusakan lingkungan jangka panjang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penerapan teknologi IoT diperlukan guna memantau tingkat kepenuhan sampah secara real-time dan mencegah terjadinya penumpukan [5].

Pengawasan manual terhadap tempat sampah di lingkungan pondok pesantren sering kali tidak optimal akibat keterbatasan sumber daya manusia dan luasnya area. Hal ini diperparah dengan tingginya jumlah santri yang menghasilkan sampah harian, sehingga memerlukan sistem monitoring real-time untuk mendeteksi kapasitas tempat sampah secara otomatis. Berdasarkan wawancara dengan Bapak Muklis, diperlukan solusi teknologi IoT yang sederhana namun efektif untuk mengatasi ketidakefisienan dalam sistem tersebut [6].

Para santri dapat dilibatkan dalam pembelajaran mikrokontroler melalui implementasi sistem ini, sejalan dengan pengungkapan Bapak Muklis. Pendekatan ini tidak hanya menyelesaikan masalah sanitasi, tetapi juga membekali santri dengan keterampilan IoT dasar, sekaligus mendukung transformasi digital di lingkungan pesantren [7]. Integrasi edukasi mikrokontroler akan meningkatkan pemahaman santri terhadap teknologi sensor dan konektivitas nirkabel. Dalam penelitian Tatik Juwariyah (2020) dijelaskan bahwa salah satu upaya untuk menangani sampah di Era Industri 4.0 adalah merancang tempat sampah pintar (smartbin). Pengelolaan sampah yang lebih efektif dan efisien dapat diwujudkan dengan kehadiran smartbin berbasis teknologi IoT [8].

Peneliti mengembangkan tempat sampah pintar berbasis IoT menggunakan Wemos D1 mini sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik untuk mengukur volume dan kapasitas isi tempat sampah, serta sensor PIR untuk mendeteksi keberadaan manusia di sekitar. Sistem ini terintegrasi dengan aplikasi Blynk untuk pemantauan kapasitas tempat sampah secara langsung melalui smartphone [7], sehingga mampu memberikan notifikasi otomatis kepada petugas saat tempat sampah hampir penuh. Kelebihan platform Blynk ini memungkinkan petugas tetap dapat menerima notifikasi dan memantau kondisi tempat sampah meskipun sedang berada di luar area pesantren. Hal ini selaras dengan penelitian Priyadi (2024), yang menyebutkan bahwa perangkat keras yang dibutuhkan adalah perangkat yang dapat terhubung ke internet, seperti laptop/komputer atau handphone [9]. Selain itu, penerapan teknologi ini diharapkan meningkatkan efisiensi sanitasi sekaligus menjadi media pembelajaran praktis bagi santri.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet sehingga mampu mengumpulkan, mengirimkan, dan bertukar data secara otomatis. Teknologi ini memanfaatkan sensor, aktuator, mikrokontroler, dan komunikasi nirkabel untuk menghasilkan sistem monitoring dan pengendalian secara real-time. Konsep IoT telah diterapkan pada berbagai bidang, seperti industri, kesehatan, pertanian, pendidikan, dan pengelolaan lingkungan karena mampu meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data [10], [11]. Selain itu, perkembangan IoT telah mendorong munculnya berbagai sistem cerdas yang mampu

melakukan pemantauan dan pengendalian secara otomatis, termasuk pada pengelolaan sampah berbasis smart environment [12], [13].

2.2 Smart Trash Bin

Smart Trash Bin merupakan pengembangan tempat sampah konvensional yang memanfaatkan teknologi IoT untuk memonitor kapasitas sampah secara otomatis. Sistem ini umumnya menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi tingkat kepenruhan tempat sampah dan mengirimkan informasi tersebut melalui jaringan internet sehingga proses pengangkutan sampah menjadi lebih efisien. Penelitian Folianto et al. memperkenalkan konsep SmartBin sebagai sistem pengelolaan sampah berbasis sensor [14], sedangkan penelitian Sukarjadi et al. mengembangkan tempat sampah pintar berbasis mikrokontroler yang mampu membuka tutup tempat sampah secara otomatis [15]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa integrasi sensor dan teknologi IoT mampu meningkatkan efektivitas monitoring kapasitas sampah serta mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih efisien [8], [16].

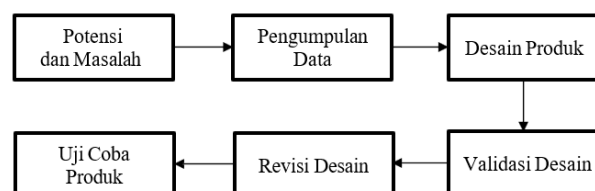
2.3 Wemos D1 Mini, Sensor PIR, Sensor Ultrasonik, dan Platform Blynk

Sistem pada penelitian ini menggunakan Wemos D1 Mini berbasis ESP8266 sebagai mikrokontroler utama karena telah dilengkapi modul Wi-Fi yang mendukung komunikasi data melalui internet. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi keberadaan pengguna, sedangkan sensor ultrasonik berfungsi mengukur kapasitas tempat sampah berdasarkan jarak permukaan sampah. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke aplikasi Blynk sehingga kondisi tempat sampah dapat dipantau secara real-time melalui smartphone. Pemanfaatan ESP8266 dan sensor ultrasonik pada sistem tempat sampah pintar telah diterapkan oleh Minarto et al. [17], sedangkan integrasi IoT untuk monitoring tempat sampah juga dikembangkan oleh Paul et al [18]. Selain itu, sensor PIR terbukti mampu mendeteksi keberadaan pengguna secara efektif sehingga sesuai digunakan sebagai pengendali mekanisme buka–tutup otomatis pada sistem Smart Trash Bin [19].

3. Metode

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan menghasilkan dan menguji kelayakan produk berupa Smart Trash Bin berbasis Internet of Things (IoT). Metode R&D dipilih karena tidak hanya berfokus pada pengembangan produk, tetapi juga melakukan proses validasi dan uji coba untuk memastikan produk dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna [20], [21].

Penelitian dilaksanakan di Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang. Proses pengembangan sistem dilakukan melalui enam tahapan, yaitu identifikasi potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, dan uji coba produk. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema langkah-langkah penelitian dan pengembangan

3.1 Potensi dan Masalah

Tahap awal dilakukan melalui observasi di Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang untuk mengidentifikasi kondisi pengelolaan sampah. Hasil observasi menunjukkan bahwa pemantauan kapasitas tempat sampah masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan pengangkutan sampah. Selain itu, pemanfaatan teknologi Internet of Things dalam pengelolaan sampah di lingkungan pesantren masih terbatas sehingga diperlukan sistem yang mampu melakukan monitoring secara otomatis.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, studi literatur, dan dokumentasi. Studi literatur digunakan sebagai dasar dalam menentukan spesifikasi perangkat keras, perangkat lunak, serta metode pengembangan sistem. Data hasil observasi dan wawancara digunakan untuk mengetahui kebutuhan pengguna terhadap sistem Smart Trash Bin yang akan dikembangkan.

3.3 Desain Produk

Tahap desain produk meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri atas Wemos D1 Mini, sensor PIR, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo, LED indikator, buzzer, dan catu daya. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE, sedangkan aplikasi Blynk digunakan sebagai media monitoring dan pengendalian sistem melalui smartphone.

3.4 Validasi Desain

Desain produk divalidasi oleh validator internal untuk mengevaluasi kesesuaian rancangan perangkat keras, perangkat lunak, serta fungsi sistem. Proses validasi dilakukan menggunakan instrumen penilaian berbasis skala Likert sehingga diperoleh masukan untuk penyempurnaan sistem sebelum dilakukan uji coba.

3.5 Revisi Desain

Revisi desain dilakukan berdasarkan hasil validasi yang diberikan oleh validator. Perbaikan meliputi penyempurnaan konfigurasi perangkat keras, pengembangan program pada Arduino IDE, serta penyesuaian tampilan monitoring pada aplikasi Blynk agar sistem dapat bekerja secara optimal.

3.6 Uji Coba Produk

Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dikembangkan. Pengujian meliputi pengujian sensor PIR, sensor ultrasonik, integrasi seluruh komponen, serta monitoring melalui aplikasi Blynk. Selain itu, dilakukan validasi oleh validator internal dan validator eksternal menggunakan instrumen penilaian berbasis skala Likert empat tingkat. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk menentukan tingkat kelayakan sistem yang dikembangkan.

$$P = \frac{\sum X}{\sum N} \quad (1)$$

Keterangan :

P: Rata-rata skor kelayakan dari pakar.

$\sum X$: Jumlah skor diperoleh dari seluruh pakar.

$\sum N$: Jumlah pakar.

Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori penilaian yang telah ditetapkan untuk mengetahui tingkat kelayakan perangkat yang dikembangkan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Implementasi Perangkat Keras

Tahap implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen yang telah dirancang menjadi satu kesatuan sistem Smart Trash Bin berbasis Internet of Things (IoT). Komponen utama yang digunakan meliputi Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler, sensor Passive Infrared Receiver (PIR), sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo, LED indikator, buzzer, catu daya, serta jaringan internet yang terhubung dengan aplikasi Blynk. Integrasi seluruh komponen menghasilkan sistem yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian tempat sampah secara otomatis.



Gambar 4. Bentuk Fisik Tempat Sampah Pintar

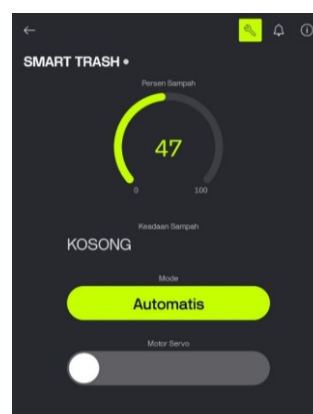
Berdasarkan Gambar 4, seluruh komponen telah dipasang sesuai dengan rancangan sistem. Sensor PIR ditempatkan pada bagian depan untuk mendeteksi keberadaan pengguna, sedangkan sensor ultrasonik dipasang pada bagian atas tempat sampah untuk mengukur kapasitas volume sampah berdasarkan jarak permukaan sampah terhadap sensor. Seluruh data sensor diproses oleh Wemos D1 Mini, kemudian digunakan untuk mengendalikan motor servo, LED indikator, dan buzzer sesuai logika sistem yang telah diprogram.

Implementasi perangkat keras menunjukkan bahwa setiap komponen dapat saling terintegrasi dengan baik. Sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan pengguna sehingga tutup tempat sampah dapat terbuka secara otomatis menggunakan motor servo. Sementara itu, sensor ultrasonik mampu memberikan informasi kapasitas tempat sampah yang selanjutnya dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet. Integrasi tersebut memungkinkan sistem melakukan monitoring secara real-time sehingga kondisi tempat sampah dapat diketahui tanpa pemeriksaan langsung.

4.2. Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE sebagai media pemrograman mikrokontroler Wemos D1 Mini dan Blynk sebagai platform monitoring berbasis Internet of Things. Program yang dikembangkan berfungsi untuk mengendalikan proses pembacaan sensor PIR dan sensor ultrasonik, mengontrol motor servo, LED indikator, buzzer, serta mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi.

Setelah program berhasil diunggah ke mikrokontroler, sistem melakukan proses inisialisasi jaringan dan autentikasi dengan server Blynk. Selanjutnya, sensor PIR mendeteksi keberadaan pengguna untuk mengendalikan mekanisme buka–tutup tempat sampah secara otomatis, sedangkan sensor ultrasonik mengukur kapasitas tempat sampah berdasarkan jarak permukaan sampah terhadap sensor. Data hasil pengukuran diproses oleh Wemos D1 Mini dan dikirimkan secara real-time ke aplikasi Blynk.



Gambar 5. Tampilan Program Blynk

Berdasarkan Gambar 5, aplikasi Blynk menampilkan informasi kapasitas tempat sampah, status sistem, serta indikator kondisi penuh secara real-time. Ketika kapasitas tempat sampah mencapai batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan LED indikator, buzzer, serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Blynk. Hasil

implementasi menunjukkan bahwa komunikasi antara Wemos D1 Mini dan aplikasi Blynk berlangsung dengan baik sehingga proses monitoring dapat dilakukan dari lokasi yang berbeda selama perangkat terhubung dengan jaringan internet.

4.3. Pengujian Alat

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian meliputi sensor PIR, sensor ultrasonik, integrasi sistem, pengujian keseluruhan, serta validasi oleh validator internal dan validator eksternal.

4.3.1. Pengujian Sensor PIR

Pengujian pertama dilakukan terhadap sensor Passive Infrared Receiver (PIR) untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan manusia di sekitar tempat sampah.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor PIR

No	Objek	Jarak	Hasil Pengujian
1	Manusia	5 cm	Tempat sampah terbuka
2	Manusia	10 cm	Tempat sampah terbuka
3	Benda Mati	5 cm	Tempat sampah tidak terbuka
4	Benda Mati	10 cm	Tempat sampah tidak terbuka

Berdasarkan Tabel 5, sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan manusia pada jarak pengujian yang telah ditentukan sehingga motor servo dapat membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Sebaliknya, ketika objek berupa benda mati diletakkan pada posisi yang sama, sensor tidak memberikan respons. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor PIR bekerja sesuai dengan prinsip deteksi radiasi inframerah sehingga mekanisme buka-tutup otomatis dapat berjalan dengan baik.

4.3.2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur kapasitas volume sampah berdasarkan perubahan jarak antara sensor dan permukaan sampah.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Kondisi Sampah	Jarak Referensi	Hasil Pengujian
1	Kosong	30 cm	Normal, LED hijau menyala
2	Terisi 30%	21 cm	Normal, LED hijau menyala
3	Terisi 50%	15 cm	Normal, LED hijau menyala
4	Terisi 80%	6 cm	Penuh, Buzzer dan LED kuning menyala

Hasil pengujian pada tabel 6, menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi perubahan kapasitas tempat sampah secara konsisten. Ketika volume sampah masih rendah, sistem menampilkan kondisi normal. Sebaliknya, saat kapasitas mendekati batas maksimum, sistem mengaktifkan LED indikator, buzzer, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Blynk. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendukung proses monitoring kapasitas tempat sampah secara real-time.

4.3.3. Pengujian Integrasi Sensor

Setelah masing-masing sensor diuji secara individual, dilakukan pengujian integrasi untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja secara terpadu.

Tabel 7. Pengujian Integrasi Sensor PIR dan Sensor Ultrasonik

Sensor PIR	Sensor Ultrasonik	Kondisi Penutup	Hasil Pengujian
Ada manusia	Sampah penuh	Tertutup	Sesuai
Ada manusia	Sampah tidak penuh	Terbuka	Sesuai
Tidak ada manusia	Sampah penuh	Tertutup	Sesuai
Tidak ada manusia	Sampah tidak penuh	Tertutup	Sesuai

Berdasarkan Tabel 7, komunikasi antara sensor PIR, sensor ultrasonik, Wemos D1 Mini, motor servo, LED indikator, buzzer, dan aplikasi Blynk berlangsung dengan baik. Seluruh komponen memberikan respons sesuai logika pemrograman yang telah dirancang sehingga sistem mampu menjalankan fungsi monitoring maupun pengendalian secara otomatis.

4.3.4. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem setelah seluruh komponen diintegrasikan.

Tabel 8. Pengujian Alat Keseluruhan

No	Perangkat	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1	Sensor PIR	Mendeteksi keberadaan pergerakan manusia	Berhasil
2	Sensor ultrasonik	Mengukur kapasitas sampah	Berhasil
3	Wemos D1 mini	Terhubung dengan internet dan memberikan data pada platform Blynk	Berhasil
4	Motor servo	Membuka tutup sampah ketika ada pergerakan manusia di dekat sensor PIR	Berhasil
5	Blynk	Sebagai monitoring jarak jauh melalui smartphone	Berhasil

Hasil pengujian pada Tabel 8 menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Sistem mampu mendeteksi pengguna, membuka tutup tempat sampah secara otomatis, mengukur kapasitas sampah, mengirimkan data ke aplikasi Blynk, serta memberikan notifikasi ketika kapasitas tempat sampah telah mencapai batas yang ditentukan.

4.3.5. Hasil Pengujian Alat

Validasi internal dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian sistem dengan rancangan yang telah dikembangkan. Penilaian dilakukan menggunakan instrumen berbasis skala Likert terhadap aspek implementasi perangkat keras, perangkat lunak, komunikasi data, serta keluaran sistem.

Tabel 9. Pengujian Kelayakan Sistem secara Internal

No	Indikator Penilaian	Skor (1-4)
1	Hasil produk prototipe telah sesuai dengan hasil Research and Development Tempat Sampah Pintar berbasis Internet of Things di Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang dengan kontrol jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk.	4
2	Desain produk prototipe telah sesuai dengan perancangan.	3
3	Instalasi prototype telah sesuai dengan perancangan rangkaian alat.	3
4	Proses inialisasi sistem telah berjalan dengan lancar.	4
5	Proses penghubungan jaringan berjalan dengan lancar sesuai jaringan yang terdaftar.	3
6	Proses pembacaan sensor dan pengolahan data sensor telah berjalan dengan lancar.	4
7	Tampilan kondisi tempat sampah pada aplikasi Blynk telah sesuai dengan kondisi aktual.	2
8	Kemudahan penggunaan prototype melalui aplikasi Blynk.	4

9	Pengoperasian alat secara manual melalui aplikasi Blynk berjalan dengan lancar.	4
10	Output sistem telah sesuai dengan yang diharapkan.	3
Jumlah Skor Total		34

Pada tabel 9, validator internal memberikan total skor 34 yang termasuk dalam kategori Sangat Baik. Sebagian besar indikator memperoleh skor tinggi, menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi aspek fungsionalitas, keandalan, serta kesesuaian dengan rancangan. Beberapa masukan diberikan pada aspek tampilan aplikasi Blynk sebagai bahan penyempurnaan antarmuka pengguna.

4.3.6. Validasi Sistem oleh Validator Eksternal

Validasi eksternal dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem Smart Trash Bin yang dikembangkan.

Tabel 10. Pengujian Kelayakan Sistem secara Eksternal

No	Indikator Penilaian	Skor (1-4)
1	Bentuk, ukuran, dan tampilan tempat sampah sesuai untuk lingkungan pesantren.	3
2	Peletakan komponen fisik aman dan kokoh saat digunakan.	3
3	Respons sensor otomatis (buka–tutup) bekerja dengan akurat dan cepat.	3
4	Tampilan informasi pada aplikasi Blynk mudah dipahami.	4
5	Jarak jangkauan kontrol manual melalui aplikasi Blynk sudah memadai.	3
6	Penggunaan tempat sampah dan aplikasi Blynk mudah dipahami.	4
7	Alat membantu petugas dalam memonitor volume sampah.	4
8	Sistem notifikasi saat tempat sampah penuh berfungsi dengan baik.	3
9	Kinerja keseluruhan tempat sampah pintar memenuhi ekspektasi.	4
10	Pengguna puas dan berharap alat diterapkan lebih luas di lingkungan pesantren.	3
Jumlah Skor Total		34

Berdasarkan hasil validasi, validator eksternal memberikan total skor 34 dengan kategori Sangat Baik. Pengguna menilai bahwa sistem mudah digunakan, memiliki respons yang baik, serta membantu proses monitoring kapasitas tempat sampah melalui aplikasi Blynk. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dengan baik oleh pengguna dan berpotensi diterapkan pada lingkungan pesantren.

4.3.7. Rekapitulasi Hasil Validasi

Untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai tingkat kelayakan sistem, hasil validasi internal dan eksternal dibandingkan sebagaimana disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Validasi Sistem

No	Indikator Penilaian	Validator Internal	Validator Eksternal
1	Kesesuaian hasil produk dengan rancangan sistem	4	3
2	Kesesuaian desain produk	3	3
3	Kesesuaian instalasi perangkat	3	3
4	Proses inialisasi sistem	4	4
5	Koneksi jaringan	3	3
6	Pembacaan sensor dan pengolahan data	4	4
7	Tampilan aplikasi Blynk	2	3

8	Kemudahan penggunaan aplikasi	4	3
9	Pengoperasian manual sistem	4	4
10	Kesesuaian output sistem	3	4
Jumlah Skor Total		34	34

Berdasarkan Tabel 11, hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa baik validator internal maupun validator eksternal memberikan total skor yang sama, yaitu 34, sehingga sistem termasuk dalam kategori Sangat Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Smart Trash Bin yang dikembangkan telah memenuhi aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, keandalan, serta kelayakan implementasi. Dengan demikian, sistem dinyatakan layak untuk digunakan sebagai media monitoring kapasitas tempat sampah berbasis Internet of Things di lingkungan Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang.

4.4. Pembahasan

Hasil implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa sistem Smart Trash Bin berbasis Internet of Things yang dikembangkan mampu menjalankan seluruh fungsi utama sesuai dengan tujuan penelitian. Integrasi Wemos D1 Mini, sensor PIR, sensor ultrasonik, motor servo, LED indikator, buzzer, dan aplikasi Blynk memungkinkan sistem melakukan pembukaan tutup tempat sampah secara otomatis, mengukur kapasitas sampah, serta menampilkan informasi kondisi tempat sampah secara real-time melalui smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja sesuai dengan rancangan sehingga sistem dapat beroperasi secara stabil.

Berdasarkan hasil validasi, baik validator internal maupun validator eksternal memberikan total skor 34 dengan kategori Sangat Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan keandalan. Pengguna juga menilai bahwa monitoring melalui aplikasi Blynk memudahkan proses pengawasan kapasitas tempat sampah tanpa harus melakukan pemeriksaan secara langsung, sehingga pengelolaan sampah menjadi lebih efisien.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Tatik Juwariyah yang menunjukkan bahwa penerapan Smart Bin berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas monitoring kapasitas sampah [8]. Selain itu, pemanfaatan aplikasi Blynk sebagai media komunikasi data juga mendukung hasil penelitian Rakhmawati yang menyatakan bahwa platform tersebut mampu menampilkan data perangkat IoT secara real-time [22]. Penelitian ini memberikan pengembangan lebih lanjut dengan mengintegrasikan deteksi keberadaan pengguna menggunakan sensor PIR, pengukuran kapasitas menggunakan sensor ultrasonik, serta mekanisme buka–tutup otomatis dalam satu sistem yang diterapkan pada lingkungan pesantren.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena pengujian hanya dilakukan pada satu unit prototipe dan belum mendukung klasifikasi jenis sampah maupun penyimpanan data berbasis cloud. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan menambahkan teknologi Artificial Intelligence untuk identifikasi jenis sampah, integrasi cloud computing, serta dashboard berbasis web agar monitoring menjadi lebih komprehensif dan dapat diterapkan pada skala yang lebih luas.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem Smart Trash Bin berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini yang terintegrasi dengan sensor PIR, sensor ultrasonik, motor servo, LED indikator, buzzer, dan aplikasi Blynk. Sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi keberadaan pengguna untuk membuka tutup tempat sampah secara otomatis, mengukur kapasitas volume sampah secara real-time, serta mengirimkan informasi kondisi tempat sampah melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau menggunakan smartphone.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak berfungsi sesuai dengan rancangan. Sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan manusia secara akurat untuk mengendalikan mekanisme buka–tutup otomatis, sedangkan sensor ultrasonik berhasil mengukur kapasitas tempat sampah dan mengaktifkan sistem notifikasi ketika volume sampah mencapai batas yang telah ditentukan. Integrasi antara

Wemos D1 Mini dan aplikasi Blynk juga berjalan dengan baik sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara real-time.

Berdasarkan hasil validasi oleh validator internal dan validator eksternal, sistem memperoleh skor masing-masing sebesar 34, yang termasuk dalam kategori Sangat Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan kelayakan implementasi sebagai media monitoring tempat sampah berbasis Internet of Things di lingkungan Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang. Selain mendukung pengelolaan sampah yang lebih efektif dan efisien, sistem ini juga berpotensi menjadi media pembelajaran penerapan teknologi Internet of Things bagi santri.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem dengan menambahkan fitur klasifikasi jenis sampah menggunakan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), integrasi cloud computing untuk penyimpanan data jangka panjang, serta dashboard berbasis web yang mampu menampilkan riwayat kapasitas sampah dan analisis penggunaan. Pengujian pada skala implementasi yang lebih luas juga diperlukan untuk mengevaluasi keandalan sistem pada berbagai kondisi operasional.

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi: Iman Surya Duta dan Priyadi; Metodologi: Iman Surya Duta; Perangkat Lunak: Iman Surya Duta; Validasi: Iman Surya Duta, Priyadi, dan Candra Supriadi; Analisis formal: Iman Surya Duta; Investigasi: Iman Surya Duta; Sumber daya: Priyadi dan Candra Supriadi; Kurasi data: Iman Surya Duta; Penulisan—persiapan draf asli: Iman Surya Duta; Penulisan—peninjauan dan penyuntingan: Priyadi dan Candra Supriadi; Visualisasi: Iman Surya Duta; Supervisi: Priyadi dan Candra Supriadi; Administrasi proyek: Iman Surya Duta; Akuisisi pendanaan: Tidak berlaku.

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung temuan penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar. Data tidak dipublikasikan secara terbuka karena memuat informasi yang berkaitan dengan lokasi penelitian dan proses pengujian internal di Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang.

Ucapan Terima Kasih: Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Priyadi dan Bapak Candra Supriadi atas bimbingan dan masukan selama penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada staf sanitasi Pesantren Terpadu Ulul Abshor Semarang, keluarga, dan rekan-rekan mahasiswa atas dukungan selama proses penelitian.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal, dan tidak ada pihak yang berperan dalam desain penelitian, pengumpulan, analisis, maupun interpretasi data, penulisan naskah, serta keputusan untuk memublikasikan hasil penelitian.

Referensi

- [1] P. Priyadi, S. Lukman, and A. Juliaeny Mia Anggraeni, "Rancang Bangun Sistem Informasi Penggajian Metode Bruto Dengan Teknologi VB NET (Studi Kasus di PT Perkebunan Sidorejo Ungaran)," *Teknik: Jurnal Ilmu Teknik dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 46–58, Sep. 2022, doi: 10.51903/teknik.v2i1.182.
- [2] A. Puspita and A. N. Handayani, "Dampak Teknologi Digital Terhadap Perilaku Sosial," vol. 2, no. 10, pp. 446–451, 2022, doi: 10.17977/um068v1i102022p446-451.
- [3] N. M. Asrofi, N. H. Arwani, and M. M. Rochman, "Peran Santri sebagai Agen Perubahan di Era Digitalisasi: Jembatan antara Tradisi Pesantren dan Inovasi Digital," vol. 3, pp. 165–171, 2025.
- [4] R. G. Ananda, "Inovasi Teknologi dalam Kebijakan Lingkungan di Daerah Kabupaten Pelalawan: Peluang dan Tantangan," 2025.
- [5] M. Buntulilin, M. Assidiq, and Muh. A. H. Asqalani, "APLIKASI SISTEM MONITORING TEMPAT SAMPAH BERBASIS IoT," in *Peguruang: Conference Series*, 2024.
- [6] Muhammad Reffy Adrian, "Analisis Pengaruh Teknologi IoT terhadap Optimalisasi Efisiensi Smart City," *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 26–35, Feb. 2025, doi: 10.61132/mercurius.v3i2.702.
- [7] N. P. Raharjo and M. N. Ibad, "Transformasi Pesantren di Era Digital: Peluang dan Tantangan dalam Aspek Dakwah dan Pendidikan," vol. 7, pp. 39–47, 2024.

- [8] T. Juwariyah, L. Krisnawati, and S. S., "Sistem Monitoring Terpadu Smart Bins Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi Blynk," *JIRE (Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik)*, vol. 3, no. 2, 2020, doi: 10.36595/JIRE.V3I2.247.
- [9] T. Ardiyanto, C. Supriadi, and Priyadi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Kebakaran Ruang Server Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 3, no. 3, pp. 35–45, 2024, doi: 10.51903/432zjf74.
- [10] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A Survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- [11] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [12] M. H. Miraz and M. Ali, "Applications of Internet of Things (IoT): An Updated Review," *ArXiv*, vol. abs/1703.06409, 2017, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1703.06409>
- [13] Sakshi Neema and Prof. Kaushal Gor, "Smart Waste Management Using IoT," *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol.*, pp. 16–21, Nov. 2022, doi: 10.32628/IJSRSET229529.
- [14] F. Folianto, Y. S. Low, and A. Ye, "SmartBin: Smart Waste Management System," in *IEEE 10th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*, 2015, pp. 1–2. doi: 10.1109/ISSNIP.2015.7106974.
- [15] Sukarjadi, D. T. Arifiyanto, D. Setiawan, and Moch. Hatta, "Perancangan dan Pembuatan Smart Trash Bin Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik*, 2017.
- [16] U. Dari, M. Ikhwan, and M. A. Saptari, "SMART WASTE BIN : IOT-BASED SMART TRASH BIN MONITORING SYSTEM," *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering (JCoSITTE)*, 2025, doi: 10.30596/jcositte.v6i2.25986.
- [17] Minarto, L. S. A. Muni, and C. D. Lestari, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar (Smart Bin) dengan Notifikasi," *Jurnal Teknologika (Jurnal Teknik-Logika-Matematika)*, 2023.
- [18] L. Paul, R. D. Mohalder, and K. M. Alam, "An IoT Based Smart Waste Management System for the Municipality or City Corporations," *ArXiv*, 2024, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2411.09710>
- [19] R. Toyib, I. Bustami, D. Abdullah, and O. Onsardi, "Penggunaan Sensor Passive Infrared Receiver (PIR) Untuk Mendeteksi Gerak Berbasis Short Message Service Gateway," *Pseudocode*, vol. 6, no. 2, pp. 114–124, Oct. 2019, doi: 10.33369/pseudocode.6.2.114-124.
- [20] A. Rahayu, "Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Pengertian, Jenis dan Tahapan," vol. 4, no. 3, pp. 459–470, 2025, doi: 10.54259/diajar.v4i3.5092.
- [21] F. A. Slamet, *Model Penelitian Pengembangan (R&D)*. Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang, 2022.
- [22] P. U. Rakhmawati, "Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk," vol. 9, no. 2502, pp. 40–46, 2024.