

Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis ESP32

Anggi Aziyah Kusumaningrum^{1*}, Linda Nuzul Kharismasari², Pramono³

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

1*230301091@mhs.ac.id

²Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

2*230301106@mhs.ac.id

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

3pramono@udb.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun tempat sampah otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, motor *servo*, dan aplikasi *Blynk*. Penelitian menggunakan metode *Prototype* yang meliputi tahapan identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Pengujian sistem dilakukan menggunakan pengujian fungsional dengan memberikan variasi jarak objek antara 5 cm hingga 32 cm untuk mengevaluasi kemampuan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek, respons motor *servo* dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah, serta komunikasi data antara ESP32 dan aplikasi *Blynk*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi objek secara optimal pada jarak kurang dari atau sama dengan 20 cm sehingga motor *servo* dapat membuka tutup tempat sampah secara otomatis, sedangkan pada jarak lebih dari 20 cm tutup tempat sampah tetap tertutup sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang. Berdasarkan hasil tersebut, seluruh komponen sistem dapat berfungsi dengan baik sehingga sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan kemudahan dan kebersihan dalam penggunaan tempat sampah otomatis.

Kata kunci— *Internet of Things (IoT)*, ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, motor *servo*, *Blynk*, metode *Prototype*.

Abstract— This study aims to design and develop an automatic trash bin based on the *Internet of Things (IoT)* using an ESP32 microcontroller, an HC-SR04 ultrasonic sensor, a *servo* motor, and the *Blynk* application. The study employed the *Prototype* method, which consists of problem identification, literature review, requirements analysis, system design, implementation, testing, and evaluation. System testing was conducted using functional testing by applying object distance variations ranging from 5 cm to 32 cm to evaluate the performance of the ultrasonic sensor, the response of the *servo* motor in opening and closing the trash bin lid, and the communication between the ESP32 and the *Blynk* application. The results showed that the ultrasonic sensor was able to detect objects effectively at distances of up to 20 cm, enabling the *servo* motor to automatically open the trash bin lid. At distances greater than 20 cm, the lid remained closed according to the programmed system logic. Overall, all system components functioned properly, indicating that the developed system can improve convenience and hygiene in waste disposal.

Keywords— *Internet of Things (IoT)*, ESP32, HC-SR04 ultrasonic sensor, *servo* motor, *Blynk*, *Prototype* method.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini mendorong terciptanya berbagai perangkat otomatis yang dapat membantu aktivitas manusia menjadi lebih mudah, cepat, dan praktis. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Internet of Things (IoT)*, yaitu konsep yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat melakukan proses pemantauan dan pengendalian secara otomatis[1]. Selain itu, perkembangan sensor dan mikrokontroler juga mendukung terciptanya berbagai perangkat pintar yang mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

Di sisi lain, pengelolaan sampah yang belum terintegrasi dengan baik

mengakibatkan masih banyak ditemui tempat sampah yang kurang terawat[2]. Selain itu, sebagian besar tempat sampah yang digunakan saat ini masih bersifat konvensional, yaitu pengguna harus membuka dan menutup tutup tempat sampah secara manual. Cara penggunaan tersebut dinilai kurang praktis dan kurang higienis karena mengharuskan pengguna melakukan kontak langsung dengan permukaan tempat sampah yang berpotensi kotor[3].

Pada beberapa fasilitas umum, kondisi tersebut dapat mengurangi kenyamanan pengguna dan berpotensi menurunkan kesadaran masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat meningkatkan kemudahan dan

kenyamanan dalam penggunaan tempat sampah.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pengembangan tempat sampah otomatis berbasis mikrokontroler dengan memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek. Sensor akan mendeteksi keberadaan tangan atau objek di dekat tempat sampah[4]. Kemudian mikrokontroler ESP32 akan memproses data tersebut dan memberikan perintah kepada motor servo untuk membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Pemilihan ESP32 didasarkan pada kemampuannya yang telah dilengkapi modul Wi-Fi sehingga memungkinkan integrasi dengan platform Internet of Things seperti Blynk.

Melalui penerapan sistem ini, pengguna tidak perlu menyentuh tutup tempat sampah secara langsung sehingga kebersihan dan kenyamanan dapat ditingkatkan. Selain itu, integrasi dengan aplikasi Blynk memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara real-time melalui smartphone[5]. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, sebagian besar sistem tempat sampah otomatis hanya berfokus pada mekanisme buka dan tutup menggunakan sensor ultrasonik tanpa disertai evaluasi kinerja sensor secara kuantitatif. Selain itu, pembahasan mengenai akurasi pembacaan sensor, persentase error, dan waktu respons sistem masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya merancang tempat sampah otomatis berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk untuk monitoring secara real-time, tetapi juga melakukan pengujian akurasi sensor HC-SR04, analisis persentase error, serta evaluasi waktu respons motor servo. Kontribusi tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa sistem dibandingkan penelitian sebelumnya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan tempat sampah otomatis berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik yang dapat membuka dan

menutup tutup tempat sampah secara otomatis serta dipantau melalui aplikasi Blynk.

II. METODOLOGI PENELITIAN

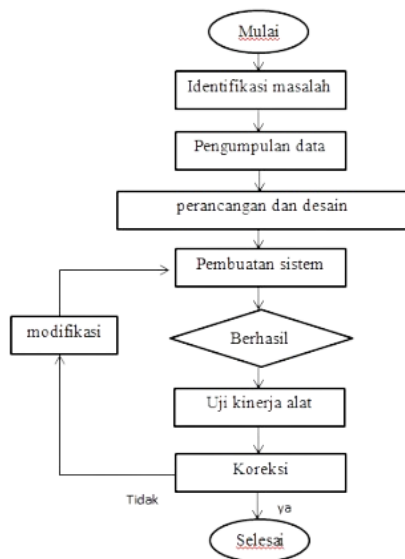
A. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan merupakan langkah awal dalam pengembangan sistem tempat sampah otomatis berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem untuk menentukan komponen serta fungsi yang diperlukan agar alat dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Sebagian besar tempat sampah yang digunakan saat ini masih dioperasikan secara manual, sehingga pengguna harus membuka dan menutup tutup tempat sampah secara langsung. Cara penggunaan tersebut dinilai kurang praktis dan kurang higienis karena berpotensi menyebabkan kontak langsung dengan permukaan tempat sampah yang kotor.

Oleh karena itu, dirancang sebuah sistem tempat sampah otomatis yang memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek dan ESP32 sebagai pengendali utama sistem[6].

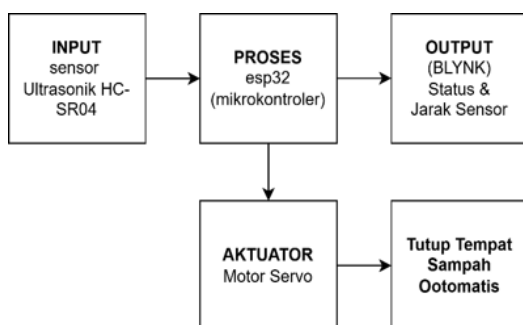
Penelitian ini menggunakan metode *Prototype* karena metode ini sesuai untuk pengembangan perangkat *Internet of Things (IoT)* yang memerlukan proses perancangan, pembuatan, pengujian, dan penyempurnaan sistem secara bertahap. Metode *Prototype* memungkinkan peneliti melakukan evaluasi terhadap sistem yang dikembangkan sehingga apabila ditemukan kekurangan dapat dilakukan perbaikan sebelum sistem diterapkan secara penuh. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi *prototype*, pengujian sistem, evaluasi hasil, dan penarikan kesimpulan[7].



Gambar 1. Diagram Metodologi Penelitian

Penelitian diawali dengan identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur sebagai dasar pengembangan sistem. Tahap berikutnya adalah perancangan dan implementasi sistem menggunakan metode *Prototype*. Setelah sistem selesai dibuat, dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai rancangan. Apabila ditemukan kendala, dilakukan perbaikan hingga sistem berfungsi dengan baik. Selanjutnya dilakukan pengujian kinerja alat dan evaluasi hasil sebagai dasar penarikan kesimpulan penelitian[8].

B. Perancangan Diagram Blok



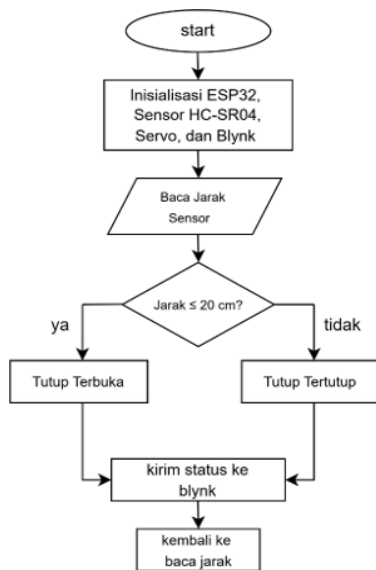
Gambar 2. Diagram Blok Sistem Tempat Sampah Otomatis Berbasis ESP32

Diagram blok digunakan untuk menggambarkan hubungan dan alur kerja antar komponen pada sistem tempat sampah otomatis. Sensor ultrasonik HC-SR04

berfungsi sebagai perangkat input yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah. Data jarak yang diperoleh sensor kemudian dikirimkan ke ESP32 sebagai mikrokontroler untuk diproses. Berdasarkan hasil pembacaan jarak, ESP32 akan mengendalikan motor servo sebagai aktuator untuk membuka atau menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Selain itu, ESP32 juga terhubung dengan aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan informasi status tutup tempat sampah dan nilai jarak sensor secara real-time. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi sistem melalui smartphone tanpa harus melakukan pengamatan secara langsung.

C. Flowchart

Flowchart digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem tempat sampah otomatis berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem diawali dengan proses inialisasi seluruh komponen yang digunakan, yaitu ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, dan motor servo. Setelah proses inialisasi selesai, sensor ultrasonik akan mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah[9]. Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan tindakan yang akan dilakukan. Jika objek terdeteksi pada jarak kurang dari atau sama dengan 20 cm, motor servo akan membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Sebaliknya, jika tidak terdapat objek yang terdeteksi atau jarak objek lebih dari 20 cm, tutup tempat sampah akan tetap berada pada posisi tertutup. Selain itu, status sistem akan dikirimkan ke aplikasi Blynk untuk keperluan pemantauan secara real-time.



Gambar 3. Flowchart sistem tempat sampah otomatis

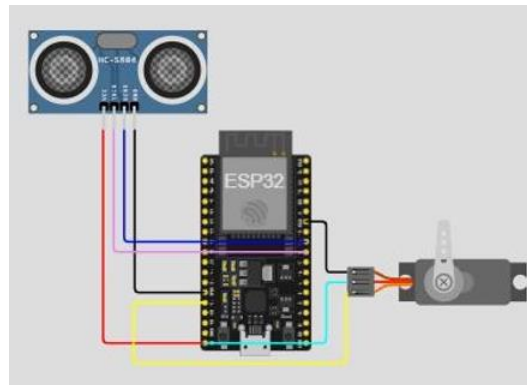
D. Desain Pengkabelan

Tahap desain pengkabelan dilakukan untuk menghubungkan seluruh komponen yang digunakan pada sistem tempat sampah otomatis agar dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Komponen utama yang digunakan meliputi ESP32 sebagai pengendali sistem, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi objek, dan motor servo sebagai penggerak tutup tempat sampah.

Sensor ultrasonik dihubungkan ke ESP32 dengan pin Trig pada GPIO 5 dan pin Echo pada GPIO 18, sedangkan pin VCC dan GND dihubungkan ke sumber tegangan dan ground. Motor servo dihubungkan ke ESP32 melalui pin sinyal pada GPIO 13, serta terhubung ke VCC dan GND sebagai sumber daya. ESP32 berfungsi membaca data jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik, kemudian mengolah data tersebut untuk mengendalikan pergerakan motor servo.

Selain itu, ESP32 juga terhubung ke jaringan Wi-Fi sehingga dapat mengirimkan informasi status tempat sampah ke aplikasi Blynk secara real-time. Desain pengkabelan ini dibuat untuk memastikan komunikasi antar komponen berjalan dengan baik sehingga sistem dapat membuka dan menutup tutup tempat sampah secara

otomatis sesuai dengan jarak objek yang terdeteksi.



Gambar 4. Desain Pengkabelan Tempat Sampah Otomatis

E. Prosedur Pengujian

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode pengujian fungsional untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi jarak objek terhadap sensor ultrasonik, kemudian diamati respons motor servo dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah serta keberhasilan pengiriman data ke aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan sebanyak 12 kali dengan variasi jarak objek mulai dari 5 cm hingga 32 cm. Parameter yang dievaluasi meliputi kemampuan sensor dalam mendeteksi objek, respons motor servo, serta komunikasi data antara ESP32 dan aplikasi Blynk[10].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Alat

Pada tahap pembuatan alat dilakukan proses perakitan seluruh komponen sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Komponen yang digunakan meliputi ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo, kabel jumper, kabel USB, dan tempat sampah. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa setiap komponen dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan sistem

1) ESP 32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem pada

tempat sampah otomatis. Komponen ini memiliki kemampuan pemrosesan data yang cepat serta dilengkapi dengan fitur konektivitas Wi-Fi yang mendukung penerapan Internet of Things (IoT). ESP32 menerima data dari sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah. Data yang diperoleh kemudian diolah untuk menentukan tindakan yang akan dilakukan oleh sistem. Apabila objek terdeteksi pada jarak yang telah ditentukan, ESP32 akan mengirimkan perintah kepada motor servo untuk membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Selain itu, ESP32 juga berfungsi mengirimkan informasi status sistem ke aplikasi Blynk sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time[9].



Gambar 5. ESP32

2) Sensor ultrasonik HC-SR04,

Digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah. Sensor bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan menghitung waktu pantulan gelombang yang diterima kembali untuk menentukan jarak objek[11].



Gambar 6. Sensor ultrasonik HC-SR04

3) Motor Servo

Motor servo berfungsi sebagai aktuator yang digunakan untuk menggerakkan tutup tempat sampah secara otomatis. Komponen ini menerima perintah dari ESP32

berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Ketika sensor mendeteksi adanya objek pada jarak yang telah ditentukan, ESP32 akan mengirimkan sinyal ke motor servo untuk membuka tutup tempat sampah. Setelah beberapa saat, motor servo akan kembali bergerak untuk menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Penggunaan motor servo dipilih karena memiliki tingkat presisi yang baik dalam mengatur sudut pergerakan, sehingga proses buka dan tutup tempat sampah dapat dilakukan dengan stabil dan sesuai dengan kebutuhan sistem.



Gambar 7. Motor Servo

4) Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan sebagai penghubung antar komponen dalam rangkaian sehingga proses pengiriman data dan daya dapat berjalan dengan baik.



Gambar 8. Kabel Jumper

5) Kabel Data USB

Kabel USB digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan komputer saat proses pemrograman serta dapat digunakan sebagai sumber daya untuk mengoperasikan sistem.



Gambar 9. Kabel USB

6) Tempat Sampah

Tempat sampah berfungsi sebagai wadah penampung sampah sekaligus tempat pemasangan komponen sistem tertutup tempat sampah dihubungkan dengan motor servo sehingga dapat terbuka dan tertutup secara otomatis.



Gambar 10. Tempat Sampah

B. Pembuatan Program

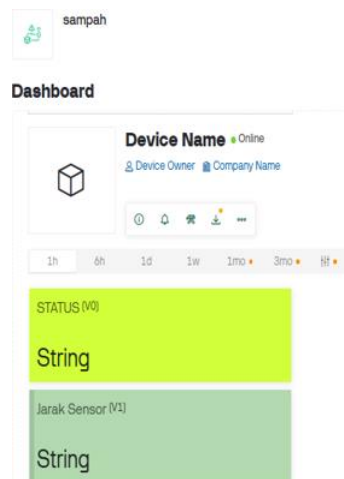
Pembuatan program menggunakan arduino IDE. Program dirancang untuk mengendalikan seluruh proses kerja sistem, mulai dari membaca data jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik HC-SR04, mengolah data tersebut, hingga menggerakkan motor servo untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Selain itu, program juga mengatur koneksi ESP32 dengan jaringan Wi-Fi dan aplikasi Blynk sehingga status sistem serta data sensor dapat dipantau secara real-time melalui smartphone. Setelah proses pemrograman selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

C. Implementasi Blynk

Implementasi Blynk dilakukan sebagai media pemantauan sistem tempat sampah otomatis secara real-time. ESP32 dihubungkan ke jaringan Wi-Fi dan aplikasi Blynk menggunakan token autentikasi yang telah dikonfigurasi pada program. Setelah berhasil terhubung, ESP32 akan mengirimkan informasi status tempat sampah ke aplikasi Blynk[12].

Pada dashboard Blynk ditampilkan status kondisi tutup tempat sampah, yaitu terbuka atau tertutup. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi objek pada jarak yang telah ditentukan, ESP32 akan menggerakkan motor servo untuk membuka tutup tempat sampah dan mengirimkan status "Terbuka" ke aplikasi Blynk. Sebaliknya, ketika tidak terdapat objek yang terdeteksi, tutup tempat sampah akan kembali menutup dan status pada aplikasi berubah menjadi "Tertutup".

Dengan adanya integrasi Blynk, pengguna dapat memantau kondisi sistem melalui smartphone secara real-time selama perangkat terhubung ke jaringan internet.



Gambar 11. Tampilan Dashboard Blynk

D. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen pada sistem tempat sampah otomatis berbasis ESP32 dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian meliputi kemampuan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek,

respons motor *servo* dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah, serta komunikasi data antara ESP32 dan aplikasi *Blynk*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Motor Servo

No	Jarak	Hasil
1	5	Terbuka
2	8	Terbuka
3	10	Terbuka
4	12	Terbuka
5	15	Terbuka
6	18	Terbuka
7	20	Terbuka
8	23	Tertutup
9	26	Tertutup
10	29	Tertutup
11	30	Tertutup
12	32	Tertutup

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi objek pada jarak kurang dari atau sama dengan 20 cm sehingga motor *servo* dapat membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Nilai ambang (*threshold*) sebesar 20 cm ditentukan berdasarkan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa sensor memberikan respons secara konsisten pada rentang jarak tersebut, sehingga dipilih sebagai batas aktivasi sistem. Sebaliknya, ketika objek berada pada jarak lebih dari 20 cm, tutup tempat sampah tetap tertutup sesuai dengan logika program yang telah dirancang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem, yaitu sensor ultrasonik, ESP32, dan motor *servo*, dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Monitoring Blynk

Status	Jarak	Hasil
Terbuka	2,7 cm	Berhasil
Terbuka	6,8 cm	Berhasil
Terbuka	16,6 cm	Berhasil
Terbuka	17,9 cm	Berhasil
Terbuka	13,6 cm	Berhasil
Terbuka	18,4 cm	Berhasil
Terbuka	19,2 cm	Berhasil
Terbuka	19,9 cm	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, aplikasi Blynk berhasil menampilkan status tempat sampah sesuai dengan kondisi alat secara *real-time*. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi objek pada jarak kurang dari atau sama dengan 20 cm, ESP32 memproses data yang diterima dan mengirimkan informasi ke aplikasi Blynk sehingga status tempat sampah berubah menjadi terbuka. Sebaliknya, ketika tidak terdapat objek atau jarak objek lebih dari 20 cm, aplikasi menampilkan status tertutup sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data antara ESP32 dan aplikasi Blynk berjalan dengan baik selama perangkat terhubung ke jaringan Wi-Fi. Seluruh perubahan status berhasil ditampilkan tanpa mengalami kegagalan komunikasi selama proses pengujian berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) telah bekerja sesuai dengan rancangan sistem.

Penerapan monitoring berbasis Internet of Things (IoT) melalui aplikasi Blynk memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengetahui kondisi tempat sampah tanpa harus melakukan pengecekan secara langsung. Dengan adanya fitur ini, sistem tidak hanya mampu membuka dan menutup tutup tempat sampah secara otomatis, tetapi juga memberikan informasi kondisi alat secara lebih praktis melalui *smartphone*.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem tempat sampah otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, motor *servo*, dan aplikasi Blynk. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi objek pada jarak kurang dari atau sama dengan 20 cm sehingga motor *servo* dapat membuka dan menutup tutup tempat sampah secara otomatis sesuai dengan logika program yang telah dirancang. Selain itu,

aplikasi Blynk berhasil menampilkan status tempat sampah secara *real-time* sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem melalui smartphone.

Secara keseluruhan, sistem telah berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian dan dapat memberikan solusi yang lebih praktis serta higienis dibandingkan tempat sampah konvensional. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor kapasitas sampah, fitur notifikasi ketika tempat sampah penuh, serta pengujian yang lebih mendalam terhadap kinerja sistem[13].

Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Arduino Uno Berbasis IoT,” *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 6, no. 3, p. 334, 2022, doi: 10.30998/string.v6i3.11986.

- [12] A. Wuryanto, N. Hidayatun, M. Rosmiati, and Y. Maysaroh, “Perancangan Sistem Tempat Sampah Pintar Dengan Sensor HCRSF04 Berbasis Arduino UNO R3,” *Paradig. - J. Komput. dan Inform.*, vol. 21, no. 1, pp. 55–60, 2019, doi: 10.31294/p.v21i1.4998.
- [13] M. H. Syamtamami and A. Anas, “Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Dan Sensor Ultrasonik Di Smkn 1 Tirtajaya,” *J. Inform. Dan Teknologi Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 304–312, 2022, doi: 10.55606/jitek.v2i3.773.

REFERENSI

- [1] F. P. Ramadhan *et al.*, “OTOMATIS BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DI DLH KOTA,” vol. 3, no. 1, pp. 462–466, 2026.
- [2] A. Priyansah, M. Adam, T. Arrahman, and N. A. I. Sakdiyah, “Kotak Sampah Pintar berbasis IoT Menggunakan ESP 32 dan Sensor Ultrasonik,” *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 176–187, 2025, doi: 10.20895/jtece.v7i2.1844.
- [3] H. Junantoro, A. N. Raihan, Y. Maulana, Z. F. Fatih Arsyad, and H. Hasanah, “Sistem Kendali Tempat Sampah Otomatis,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6731.
- [4] R. Rinaldi, F. Haqqani, and D. H. Sitorus, “Perancangan Sistem Tempat Sampah Pintar Otomatis Berbasis Sensor Ultrasonik dan Motor Servo,” vol. 2, no. 1, pp. 73–81, 2026.
- [5] Marsharani, S. Rofiah, and E. Retnoningsih, “Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor HC-SR04 Berbasis Arduino Uno,” *J. Students’ Res. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 125–134, 2025, doi: 10.31599/z94b2304.
- [6] T. Ali, M. Irfan, A. S. Alwadie, and A. Glowacz, “IoT-Based Smart Waste Bin Monitoring and Municipal Solid Waste Management System for Smart Cities,” *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 45, no. 12, pp. 10185–10198, 2020, doi: 10.1007/s13369-020-04637-w.
- [7] S. Ismail, Anwar, Mualief, Abdullah, Riska; Abdussamad, “Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Thing,” vol. 3, pp. 7–12, 2021.
- [8] Yustina Yesisanita Yeyen, “Pengembangan Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Hcsr04 Di Lingkungan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Nusa Nipa,” *J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 6, no. 3, pp. 1155–1160, 2023, [Online]. Available: <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/25743/23339>
- [9] N. Kristanti, S. Samsugi, A. Surahman, R. F. Pratama, and R. I. Adam, “Penerapan Sensor Ultrasonik Pada Kotak Sampah Otomatis Menggunakan Telegram Dan Alarm Suara,” *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 67–78, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2347.
- [10] H. Sanjaya, N. K. Daulay, J. Trianto, and R. Andri, “Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 2, p. 451, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i2.4058.
- [11] I. P. Utomo, F. Fauziah, and N. Hayati, “Smart Trash