IMPLEMENTASI *SMART TRASH BIN* MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI *BLYNK*

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Kelulusan Program Strata I
pada Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer
(STMIK) Palangkaraya

OLEH :

MUHAMMAD K. JAMIL
C2255201038
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
2026

IMPLEMENTASI SMART *TRASH BIN* MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI *BLYNK*

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Kelulusan Program Strata I
pada Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer
(STMIK) Palangkaraya

OLEH :

MUHAMMAD K. JAMIL
C2255201038
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
2026

PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI SMART *TRASH BIN* MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI *BLYNK*

Tugas Akhir Ini Telah Disetujui dan Disahkan

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom	Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom.,M.Cs
NIK. 198505102021101	NIK. 197502232009002

Mengetahui	Mengesahkan
Ketua STMIK Palangkaraya,	Ketua Prodi Teknik Informatika,
Ir. Hj. Siti Maryamah, M.M	Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom
NIK. 196902021995004	NIK. 198505102021101

PENGESAHAN

IMPLEMENTASI *SMART TRASH BIN* MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI *BLYNK*

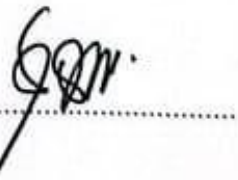
Tugas Akhir ini telah Diujikan, Dinilai, dan Disahkan
Oleh Tim Penguji pada Tanggal 22 April 2026

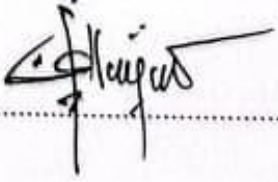
Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Amaya Andri Damaini, S.Kom., M.T. ..... 
   Ketua

2. Norhayati, M.Pd ..... 
   Sekretaris

3. Elia Zakharia, M.T ..... 
   Anggota

4. Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom ..... 
   Anggota

5. Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom., M.Cs ..... 
   Anggota

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Khairan Jamil

N I M : C2255201038

menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul :

IMPLEMENTASI *SMART TRASH BIN* MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI *BLYNK*

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggungjawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan Tugas Akhir apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap Tugas Akhir atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Palangka Raya, 22 April 2026

Yang Membuat Pernyataan,



MUHAMMAD KHAIRAN JAMIL

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"Sebanyak apa pun rencana yang dibuat, kemenangan tidak akan pernah diraih tanpa keberanian untuk melangkah lebih dulu."

Sora (No Game No Life)

"Cara kita memandang dunia menentukan jalan hidup kita. Kemenangan sejati dimulai dari penguasaan diri."

Miyamoto Musashi (Vagabond)

"Pernah ada yang membuatku berani membuka hati, di waktu yang tak pernah kuduga.Meski tak semua berjalan searah, ada hal-hal yang memang tak bisa dipaksakan, dan dari sana aku belajar menjaga diri serta mengenali batas.Kini aku memilih melangkah pelan lebih sadar, lebih tenang. Beberapa hal cukup disimpan sebagai bagian dari perjalanan, tanpa harus menjadi tujuan akhir.Jika suatu saat langkah kembali beriring, aku ingin hadir sebagai diriku yang lebih utuh dengan cara yang lebih memahami keadaan".**Restacker(M.Khairan Jamil)**

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Karya ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang menjadi motivasi utama. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan.Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada sahabat, Daniel Christoper Demas (C2255201026), yang selalu mendampingi serta memberikan dukungan dan pelajaran berharga bagi penulis. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran sangat diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat.

INTISARI

Muhammad Khairan Jamil, C2255201038, 2026. Implementasi *Smart Trash Bin* Menggunakan ESP8266 dengan Umpan Balik Suara dan Integrasi *Blynk.* Pembimbing I: Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom, Pembimbing II: Dr. Maura Widyaningsih, S.Kom., M.Cs.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah pengelolaan sampah di lingkungan sekolah dasar yang masih dilakukan secara manual, kurang higienis, serta belum adanya sistem monitoring kapasitas sampah secara *real-time*. Kondisi tersebut menyebabkan rendahnya kesadaran siswa dalam membuang sampah pada tempatnya.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan tempat sampah pintar berbasis sensor dan otomatisasi, namun belum mengintegrasikan umpan balik suara edukatif dengan sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* secara *real-time*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *Smart Trash Bin* berbasis IoT yang dilengkapi dengan sistem buka tutup otomatis, umpan balik suara edukatif, serta notifikasi jarak jauh.

Metode yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan IIDDE (*Identify, Investigate, Design, Develop, Evaluate*). Sistem dibangun menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, servo motor, DFPlayer Mini, buzzer, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black box* serta uji coba langsung di SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya dengan melibatkan siswa kelas II A dan guru sebagai responden.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi objek pada jarak optimal ≤ 5 cm dengan waktu respon rata-rata ±0,5–0,7 detik. Sistem juga mampu mendeteksi kondisi penuh pada jarak ≤ 6 cm serta mengirimkan notifikasi secara *real-time* melalui aplikasi Blynk. Berdasarkan hasil kuesioner, sebagian besar responden menyatakan bahwa sistem mudah digunakan, bermanfaat, dan layak diterapkan sebagai media edukasi kebersihan di sekolah dasar.

Kata kunci: *Smart Trash Bin*, *Internet of Things*, ESP8266, Blynk, Edukasi Kebersihan

ABSTRACT

Muhammad Khairan Jamil, C2255201038, 2026. *Implementation of Smart Trash Bin Using ESP8266 with Voice Feedback and Blynk Integration*. Advisor I : Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom, Advisor II: Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom.,M.Cs.

This study is motivated by waste management problems in elementary schools, which are still carried out manually, are less hygienic, and lack a *real-time* monitoring system for waste capacity. These conditions lead to low student awareness in disposing of waste properly.

Previous studies have developed smart trash bins based on sensors and automation; however, they have not integrated educational audio feedback with *real-time Internet of Things (IoT)*-based monitoring. Therefore, this study aims to design and implement a *Smart Trash Bin* equipped with an automatic open-close system, educational audio feedback, and remote notification features.

The method used in this research is *Research and Development (R&D)* with the IIDDE (*Identify, Investigate, Design, Develop, Evaluate*) development model. The system is built using a NodeMCU ESP8266 microcontroller, HC-SR04 ultrasonic sensors, a servo motor, a DFPlayer Mini module, a buzzer, and the Blynk application as a monitoring platform. Testing is conducted using the *black box* method and direct implementation in SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya, involving second-grade students and teachers as respondents.

The results show that the system can detect objects at an optimal distance of ≤ 5 cm with an average response time of ±0.5–0.7 seconds. The system can also detect a full trash condition at a distance of ≤ 6 cm and send *real-time* notifications through the Blynk application. Based on the questionnaire results, most respondents agree that the system is easy to use, beneficial, and feasible as an educational tool to improve cleanliness awareness in elementary schools.

Keywords: *Smart Trash Bin, Internet of Things*, ESP8266, Blynk, Cleanliness Education

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai sivitas akademik Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Khairan Jamil

NIM : C2255201038

Program Studi : Teknik Informatika

Jenis Karya : Laporan Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya, Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

IMPLEMENTASI *SMART TRASH BIN* MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI *BLYNK*

Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Palangka Raya
Pada tanggal : 22 April 2026
Yang menyatakan



MUHAMMAD KHAIRAN JAMIL

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *"Implementasi Smart Trash Bin Menggunakan ESP8266 dengan Umpan Balik Suara dan Integrasi Blynk"* dengan baik.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Hj. Maryamah, M.M., selaku Ketua STMIK Palangkaraya yang telah memberikan ijin penelitian.
2. Veny Cahya Hardita, M.Kom., selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nasehat untuk kelangsungan studi penulis.
3. Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom., selaku Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran dalam memberikan bimbingan demi terselesainya Tugas Akhir ini.
4. Dr. Maura Widyaningsih, S.Kom., M.Cs., selaku Pembimbing II yang telah bersedia memberikan arahan dan motivasi agar Tugas Akhir ini selesai sesuai waktu yang telah ditentukan.
5. Elvia T.T Asang, S.Pd.,M.Pd., selaku Kepala Sekolah SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya yang bersedia menjadikan sekolahnya menjadi tempat penelitian dan menyediakan segala keperluan dalam penelitian ini.
6. Semua dosen Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya yang telah membagikan ilmunya kepada penulis dalam menempuh studi selama ini.
7. Semua pihak tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebagai referensi dalam pengembangan teknologi berbasis *Internet of Things*, khususnya dalam bidang edukasi kebersihan di lingkungan sekolah. Selain itu, penulis juga

berharap penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut agar menjadi sistem yang lebih optimal dan bermanfaat di masa mendatang.

Palangka Raya, April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ii
PERSETUJUAN iii
PENGESAHAN iv
PERNYATAAN KEASLIAN v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN vi
INTISARI vii
ABSTRACT viii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR ix
KATA PENGANTAR x
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan dan Manfaat 5
1.4.1 Tujuan 5
1.4.2 Manfaat 6
1.5 Sistematika Penulisan 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Kajian Teori 9
2.1.1 *Internet of Things* (IoT) 9
2.1.2 Aplikasi *blynk* 10
2.1.3 ESP8266 11
2.1.4 Sensor ultrasonik HC-SR04 12
2.1.5 Servo motor 14
2.1.6 DF player mini 14
2.1.7 *Speaker small horn* 15
2.1.8 Kabel *jumper* 16
2.1.9 *Breadboard* 17
2.1.10 *Buzzer* 17
2.1.11 Penelitian dan pengembangan 17
2.1.12 Model Pengembangan IIDDE 18
2.1.13 Skala likert 18
2.2 Penelitian yang Relevan 19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 22
3.1 Tinjauan Umum 22
3.2 Jenis Penelitian 23
3.3 Desain Penelitian 24
3.3.1 Identify (Identifikasi masalah) 25
3.3.2 *Investigate* (Pengumpulan data) 25
3.3.3 *Design* (Perancangan sistem) 25

3.3.4 *Develop* (Implementasi sistem) 25
3.3.5 *Evaluate (*Pengujian dan evaluasi*)* 25
3.4 Instrumen Penelitian 28
3.4.1 Studi pustaka 28
3.4.2 Observasi Lapangan 29
3.4.3 Wawancara 29
3.4.4 Dokumentasi 30
3.5 Analisis Kebutuhan 30
3.5.1 Analisis data 31
3.5.2 Analisis proses 33
3.5.3 Analisis kelemahan 34
3.6 Desain 35
3.6.1 Desain arsitektur IoT 36
3.6.2 Desain proses 37
3.6.3 Desain perangkat..... 39
BAB IV PEMBAHASAN..... 44
4.1 Hasil Penelitian..... 44
4.1.1 Implementasi sistem..... 44
4.1.2 Pengujian *black box*..... 54
4.1.3 Pengujian kinerja sensor dan respon sistem..... 55
4.2 Pembahasan..... 60
4.2.1 Implementasi dan uji coba alat di lingkungan sekolah 63
4.2.2 Hasil kuesioner penilaian guru 65
4.2.3 Pembahasan hasil kuesioner..... 68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 70
5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran-saran..... 71
DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang relevan. 19
Tabel 3.5 Rincian komponen 32
Tabel 4.1 Komponen perangkat keras..... 46
Tabel 4.2 Pengujian *black box* 54
Tabel 4.3 Pengujian sensor ultrasonik luar 55
Tabel 4.4 Pengujian sensor ultrasonik dalam..... 57
Tabel 4.5 Pengujian waktu respon sistem 59
Tabel 4.6 Hasil kuesioner..... 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP8266 12
Gambar 2.2 Sensor ultrasonik HC-SR04. 13
Gambar 2.3 Servo motor 14
Gambar 2.4 DF player mini 15
Gambar 2.5 *Speaker small horn* 15
Gambar 2.6 Kabel *jumper* M-M 16
Gambar 2.7 Kabel *jumper* M-F 16
Gambar 2.8 Kabel *jumper* F-F 16
Gambar 2.9 *Breadbord* 17
Gambar 2.10 *Buzzer* 17
Gambar 3.1 Desain arsitektur IoT tempat sampah pintar 36
Gambar 3.2 Alur kerja sistem 38
Gambar 3.3 Desain rangkaian perangkat keras 40
Gambar 3.4 Desain antarmuka aplikasi *blynk* 41
Gambar 3.5 Rancangan desain tempat sampah pintar 42
Gambar 4.1 Diagram pin NodeMCU ESP8266 47
Gambar 4.2 Wadah tempat sampah sebagai media implementasi sistem 48
Gambar 4.3 Proses pensolderan komponen pendukung sistem 49
Gambar 4.4 Pemasangan DFPlayer Mini 49
Gambar 4.5 Pemasangan sensor ultrasonik ke *breadboard* 50
Gambar 4.6 Pemasangan servo motor ke *breadboard* 50
Gambar 4.7 Rangkaian keseluruhan sistem 51
Gambar 4.8 Peletakan rangkaian pada wadah tempat sampah 51
Gambar 4.9 Hasil penyempurnaan akhir sistem 52
Gambar 4.10 Tampilan kode program pada Arduino IDE 53
Gambar 4.11 Tampilan notifikasi kondisi tempat sampah penuh pada aplikasi *blynk* *62*
Gambar 4.12 Tampilan kontrol *bylnk* 62
Gambar 4.13 Foto peneliti menjelaskan cara penggunaan alat 64
Gambar 4.14 Foto siswa mencoba menggunakan *smart trash bin* 65

Gambar 4.15 Tampilan kuesioner 66
Gambar 4.16 Tampilan grafik kuesioner 68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Pembimbing Tugas Akhir
Lampiran 2. Lembar konsultasi bimbingan Tugas Akhir
Lampiran 3. Surat Tugas Penguji Seminar Proposal Tugas Akhir
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Proposal Tugas Akhir
Lampiran 5. Lembaran berita Acara Pengujian *Black Box*
Lampiran 6. Dokumentasi Uji Coba *Black Box*
Lampiran 7. Surat Permohonan Ijin Penelitian
Lampiran 8. Dokumentasi Uji Coba di SDN 2 Mentang
Lampiran 9. Kode Program *Trast Bin*
Lampiran 10. Tampilan Grafik Kuesioner
Lampiran 11. Surat Tugas Penguji Tugas Akhir
Lampiran 12. Dokumentasi lingkungan SDN 2 Menteng Palangka Raya
Lampiran 13. Dokumentasi Saat Wawancara Dengan Guru SDN 2 Menteng
Lampiran 14. Dokumentasi Wawancara Dengan Narasumber Wali Kelas
Lampiran 15. Laporan Hasil Wawancara
Lampiran 16. Laporan Hasil Observasi
Lampiran 17. Berita Acara Tugas Akhir
Lampiran 18. Dokumentasi Penyerahan Alat Ke Sekolah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang masih sering terjadi di sekitar kita, khususnya di lingkungan sekolah dasar. Permasalahan ini juga ditemukan di SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya, di mana berdasarkan hasil observasi awal, sampah masih sering ditemukan berserakan di ruang kelas, kolong meja, maupun halaman sekolah. Selain itu, pengelolaan sampah masih dilakukan secara manual, kurang higienis, serta belum adanya sistem monitoring kapasitas sampah secara *real-time*. Kondisi ini tidak hanya menciptakan lingkungan yang kotor, tetapi juga menurunkan kenyamanan serta berdampak negatif terhadap kesehatan.

Berdasarkan penelitian Analisis Perilaku Peduli Lingkungan pada Siswa Sekolah Dasar oleh (Nurfauziah Sadikin et al., 2024), diketahui bahwa banyak siswa sekolah dasar belum memiliki kebiasaan membuang sampah pada tempatnya secara konsisten. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa tingkat kepedulian lingkungan siswa masih tergolong rendah (Nurfauziah Sadikin et al., 2024). Dalam penelitiannya tentang kemampuan mengelola sampah, hasil menunjukkan bahwa siswa sekolah dasar masih memiliki tingkat kepedulian lingkungan yang rendah dan membutuhkan strategi pendidikan yang lebih interaktif untuk menumbuhkan kedisiplinan.

Tempat sampah konvensional selama ini hanya berfungsi sebagai wadah pasif tanpa memberikan daya tarik bagi peserta didik untuk menggunakannya. Padahal, anak-anak lebih tertarik pada sesuatu yang bersifat interaktif, menyenangkan, dan memberikan respon balik terhadap tindakan mereka. Menurut (Khoirunnisa et al., 2025), media pembelajaran interaktif dapat meningkatkan minat belajar peserta didik serta mendorong keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran. Hal ini memperkuat bahwa pendekatan edukasi berbasis interaksi lebih efektif dalam menanamkan kebiasaan disiplin, termasuk dalam menjaga kebersihan lingkungan sekolah.

Seiring berkembangnya teknologi, konsep *Internet of Things* (IoT) memungkinkan terciptanya sistem cerdas (*smart system*) yang mampu bekerja secara otomatis dan terintegrasi. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP8266, sensor ultrasonik, dan servo motor, dapat dirancang sebuah tempat sampah pintar (*Smart Trash Bin*) yang mampu membuka dan menutup secara otomatis saat mendeteksi sampah atau tangan pengguna. Sistem ini juga dilengkapi dengan umpan balik audio melalui modul DFPlayer Mini dan speaker yang memutar suara edukatif, seperti ucapan terima kasih setiap kali siswa membuang sampah. Fitur tersebut memberikan pengalaman positif dan interaktif sehingga dapat menumbuhkan kebiasaan membuang sampah pada tempatnya dengan cara yang menyenangkan.

Letak *smart* dari sistem ini terletak pada kemampuannya untuk bekerja secara otomatis berdasarkan data dari sensor tanpa perlu intervensi manusia, serta mampu melakukan monitoring kondisi tempat sampah secara *real-time* melalui

aplikasi *Blynk*. Sistem ini dapat mengirimkan notifikasi ketika tempat sampah dalam kondisi penuh, sehingga memudahkan guru atau pengelola sekolah dalam melakukan pengelolaan sampah secara lebih efektif.

Melalui rancangan ini, tempat sampah pintar tidak hanya berfungsi sebagai alat pengumpulan sampah, tetapi juga sebagai media edukasi interaktif yang mampu meningkatkan kesadaran siswa sejak dini tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam bentuk sistem otomatisasi ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung pengelolaan sampah yang lebih higienis, efisien, dan edukatif di lingkungan sekolah dasar.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan dalam bentuk pertanyaan utama sebagai berikut:

Bagaimana merancang dan mengimplementasikan tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sensor ultrasonik, servo motor, serta umpan balik suara yang terintegrasi dengan aplikasi *Blynk* untuk notifikasi kapasitas penuh, sehingga sistem yang dihasilkan dapat berfungsi secara responsif, menarik, dan aman, serta mendukung tujuan edukasi dalam meningkatkan kesadaran siswa sekolah dasar terhadap pentingnya membuang sampah pada tempatnya dan memberikan manfaat bagi guru dalam memantau kondisi tempat sampah secara *real-time*.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

a. Sistem yang dikembangkan berupa prototipe *Smart Trash Bin* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang dalam skala kecil sebagai media edukasi, bukan untuk implementasi skala besar di lingkungan publik.
b. Sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah serta mendeteksi kapasitas sampah di dalam wadah.
c. Sampah yang digunakan dalam pengujian hanya berupa sampah kering dan organik ringan (misalnya kertas, plastik, atau sisa makanan kering). Sampah basah atau cair tidak digunakan agar tidak merusak komponen elektronik pada perangkat. Namun, apabila secara tidak sengaja terdapat sampah basah atau cair yang masuk, wadah telah dilengkapi dengan lubang kecil di bagian bawah untuk memungkinkan cairan mengalir keluar sehingga tidak mengenai rangkaian elektronik.
d. Sistem tidak melakukan proses sortir atau pemisahan jenis sampah, melainkan hanya mendeteksi keberadaan objek dan kapasitas sampah.
e. Feedback yang diberikan sistem terbatas pada respon suara sederhana melalui modul DFPlayer Mini, seperti ucapan terima kasih atau peringatan, tanpa pengolahan suara yang kompleks.
f. Notifikasi melalui aplikasi Blynk hanya dikirim ketika tempat sampah dalam kondisi penuh, bukan setiap kali terdapat sampah yang dibuang.

g. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi lingkungan sekolah dasar, khususnya di SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya, dengan fokus pada aspek interaktif, edukatif, serta respon pengguna (siswa).
h. Sistem dirancang menggunakan sumber daya bertegangan 5V dengan arus maksimum 3A yang diperoleh dari adaptor charger, sehingga seluruh komponen seperti ESP8266, sensor, servo, DFPlayer Mini, dan speaker dapat berfungsi dengan stabil.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat untuk prototype tempat sampah pintar otomatis menggunakan aplikasi *Blynk* berbasis *Internet of Things* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem tempat sampah pintar (*Smart Trash Bin*) berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan sensor ultrasonik, servo motor, dan modul DFPlayer Mini yang terintegrasi dengan aplikasi *Blynk* untuk monitoring serta notifikasi kapasitas sampah secara *real-time*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur waktu respon sistem mulai dari deteksi sensor hingga aktuator bekerja secara otomatis, serta menguji tingkat keakuratan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek dan kondisi kapasitas sampah penuh. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu menjadi perangkat yang responsif, aman, dan menarik digunakan oleh siswa sekolah dasar, serta dapat dimanfaatkan sebagai media edukasi interaktif dalam meningkatkan kesadaran membuang sampah pada

tempatnya dan membantu guru dalam memantau kondisi tempat sampah secara *real-time*.

1.4.2 Manfaat

a) Edukasi

Membantu guru maupun orang tua dalam memberikan pembelajaran disiplin kepada anak-anak mengenai pentingnya membuang sampah pada tempatnya melalui media interaktif berbasis teknologi IoT yang dilengkapi umpan balik suara.

b) Lingkungan

Mendorong tumbuhnya kesadaran kebersihan dan kepedulian terhadap lingkungan sejak usia dini melalui penggunaan tempat sampah pintar yang mampu menarik minat siswa untuk membuang sampah pada tempatnya.

c) Teknologi

Menunjukkan penerapan teknologi Internet of Things (IoT) berbasis ESP8266 yang terintegrasi dengan sensor, aktuator, serta aplikasi Blynk sebagai sistem monitoring kapasitas sampah secara real-time.

d) Praktis

Memberikan alternatif inovatif dari tempat sampah konvensional yang bersifat pasif menjadi sistem otomatis yang lebih praktis, interaktif, serta dapat membantu guru dalam memantau kondisi tempat sampah secara jarak jauh.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab dan masing-masing bab membahas dan menguraikan pokok

permasalahan yang berbeda, sebagai gambaran disini penulis menyertakan garis-garis besarnya yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan urgensi perancangan tempat sampah pintar berbasis IoT sebagai media edukasi anak-anak dengan *feedback* suara dan notifikasi *Blynk*.

BAB II LANDASAN TEORI

Membahas teori-teori yang relevan, antara lain mengenai konsep *Internet of Things* (IoT), sensor ultrasonik, servo motor, modul suara, aplikasi *Blynk*, serta penelitian terdahulu yang mendukung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tahapan penelitian, mulai dari perancangan sistem, pemilihan komponen, alur kerja perangkat keras dan perangkat lunak, hingga metode pengujian *prototipe* tempat sampah pintar.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil implementasi sistem *Smart Trash Bin* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Pada bab ini dijelaskan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, cara kerja sistem secara keseluruhan, serta hasil pengujian menggunakan metode *Black Box*. Selain itu, dibahas analisis kinerja sistem, tingkat keberhasilan setiap skenario pengujian, serta pembahasan mengenai

fungsi notifikasi *Blynk* sebagai media monitoring kapasitas tempat sampah.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan perancangan sistem *Smart Trash Bin* berbasis ESP8266. Kesimpulan memuat jawaban atas rumusan masalah serta pencapaian tujuan penelitian. Pada bab ini juga disampaikan saran untuk pengembangan lebih lanjut, seperti peningkatan fitur, penyempurnaan desain fisik, pengembangan sistem sortir sampah otomatis, atau integrasi dengan sistem IoT yang lebih luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang menghubungkan objek fisik dengan internet agar mampu mengumpulkan, memproses, dan bertukar data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung. Perangkat IoT dapat berupa sensor, aktuator, atau sistem tertanam yang dilengkapi dengan kemampuan komunikasi dan pemrosesan data. Dengan adanya IoT, perangkat sehari-hari seperti lampu, kendaraan, maupun perangkat rumah tangga dapat menjadi "pintar" karena mampu berinteraksi dan mengambil keputusan berbasis data (Yanuar et al., 2024)

IoT memiliki beberapa komponen utama, yaitu perangkat fisik atau sensor, jaringan komunikasi, platform atau sistem pengolahan data, serta aplikasi pengguna yang saling terintegrasi dalam satu sistem (Maulida et al., 2025). Sensor berfungsi mengumpulkan data dari lingkungan, jaringan komunikasi mentransmisikan data melalui Wi-Fi, Bluetooth, atau protokol IoT lainnya, *middleware* berperan sebagai pusat pengolahan data (misalnya *Blynk*, MQTT, atau *Thingspeak*), dan aplikasi menjadi sarana pengguna untuk memantau atau mengontrol sistem. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis cloud pada Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan dan pengelolaan data secara real-time serta meningkatkan efisiensi sistem (Maulida et al., 2025).

Arsitektur Internet of Things (IoT) terdiri dari beberapa bagian yang saling

terintegrasi, mulai dari perangkat sensor, jaringan komunikasi, hingga aplikasi pengguna yang berfungsi untuk mengolah dan menampilkan data (Maulida et al., 2025). *Perception layer* meliputi sensor dan aktuator yang mendeteksi kondisi fisik; *network layer* mencakup media komunikasi yang menghubungkan perangkat ke internet; sedangkan *application layer* berkaitan dengan layanan yang diterima pengguna, misalnya notifikasi, *dashboard monitoring*, atau kendali otomatis. Pemahaman terhadap arsitektur ini penting agar peneliti mampu merancang sistem yang terintegrasi, efisien, dan mudah diimplementasikan.

Kelebihan *Internet of Things* (IoT) antara lain mendukung otomatisasi proses, pemantauan secara *real-time*, serta meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sistem berbasis teknologi, sehingga banyak diterapkan dalam berbagai bidang (Maulida et al., 2025). Namun, implementasi *Internet of Things* (IoT) juga memiliki tantangan, seperti efisiensi penggunaan energi, kestabilan sistem, serta pengelolaan kinerja perangkat dalam lingkungan smart *system* (Pratiwi et al., 2025). Dalam kontek penelitian ini, IoT dimanfaatkan untuk merancang tempat sampah pintar yang dilengkapi sensor ultrasonik dan ESP32 untuk mendeteksi volume sampah, terhubung ke aplikasi *Blynk* guna memberikan notifikasi dan *feedback* suara secara *real-time* kepada pengguna.

2.1.2 Aplikasi *blynk*

Blynk merupakan platform *Internet of Things (IoT)* berbasis *mobile* yang digunakan untuk mengontrol dan memonitor perangkat secara jarak jauh melalui jaringan internet. *Blynk* terdiri dari tiga komponen utama, yaitu aplikasi *mobile*

sebagai antarmuka pengguna, server sebagai penghubung komunikasi data, serta library yang diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP8266.

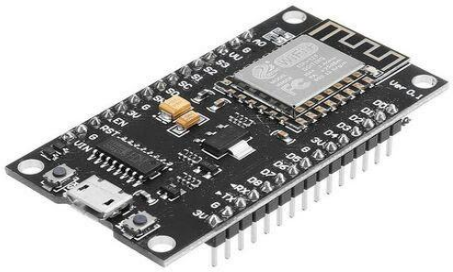
Melalui *Blynk*, pengguna dapat memantau data sensor secara *real-time*, menerima notifikasi, serta melakukan kontrol terhadap perangkat dari jarak jauh. Dalam penelitian ini, *Blynk* digunakan sebagai media monitoring kondisi tempat sampah dan untuk mengirimkan notifikasi ketika kapasitas sampah telah penuh, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pengelolaan secara efisien (Hilmansyah et al., 2024).

2.1.3 ESP8266

ESP8266 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul *WiFi* terintegrasi sehingga mampu terhubung langsung dengan jaringan internet. Perangkat ini banyak digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things (IoT)* karena memiliki ukuran yang kecil, konsumsi daya yang rendah, serta kemampuan komunikasi data secara nirkabel. ESP8266 mampu mengolah data dari sensor, mengendalikan aktuator, serta mengirimkan dan menerima data melalui jaringan internet secara *real-time*.

Dalam sistem IoT, ESP8266 berperan sebagai pusat pengendali (*controller*) yang menghubungkan perangkat keras dengan platform aplikasi. Dengan kemampuan tersebut, ESP8266 sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem otomatis berbasis *smart system*, seperti pada tempat sampah pintar yang dapat beroperasi secara otomatis dan terintegrasi dengan aplikasi monitoring (Maulida et al., 2025).

.



Gambar 2.1 ESP8266

Gambar 2.1 Menunjukkan modul ESP8266 yang digunakan sebagai mikrokontroler utama dalam sistem.

2.1.4 Sensor ultrasonik HC-SR04

Prinsip kerja sensor ultrasonik didasarkan pada pengukuran waktu tempuh gelombang suara yang dipantulkan oleh objek. Semakin dekat objek, maka waktu pantulan semakin cepat sehingga jarak dapat dihitung secara akurat. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem otomatis karena memiliki tingkat presisi yang baik pada jarak dekat dan tidak terpengaruh oleh warna atau cahaya objek.

Sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik melalui transmitter dan menerima pantulannya melalui *receiver*. Jarak dihitung dengan mengukur waktu tempuh gelombang suara dari pemancar ke penerima menggunakan persamaan 1:

$$\text{Jarak (cm)} = \frac{\text{Waktu (µs)} \times 0.034}{2} \qquad (1)$$

HC-SR04 banyak digunakan dalam proyek tempat sampah pintar karena memiliki akurasi cukup baik, jangkauan 2–400 cm, serta biaya terjangkau (Ramadhan et al., 2023). Pada penelitian ini, sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan tangan atau sampah agar servo dapat membuka dan menutup tutup

secara otomatis.

Keterangan simbol:

a. Jarak (cm) adalah hasil pengukuran jarak dalam satuan sentimeter.
b. Waktu (µs) adalah lama waktu tempuh gelombang ultrasonik dari sensor ke objek dan kembali ke sensor, dibaca menggunakan fungsi `pulseIn()` pada mikrokontroler.
c. 0.034 adalah kecepatan rambat suara di udara, yaitu sekitar 0,034 cm/µs (setara dengan 340 m/s).
d. 2 adalah pembagi karena gelombang menempuh perjalanan dua kali (pergi ke objek dan kembali ke sensor).

Contoh persamaan 1:

$$\text{Jarak } = \frac{1000 \times 0.034}{2}$$

$$\text{Jarak } = \frac{34}{2} = 17\ cm$$

Dengan demikian, HC-SR04 dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek pada rentang 2–400 cm dengan akurasi ±3 mm (Ramadhan et al., 2023).



Gambar 2.2 Sensor ultrasonik HC-SR04

2.1.5 Servo motor

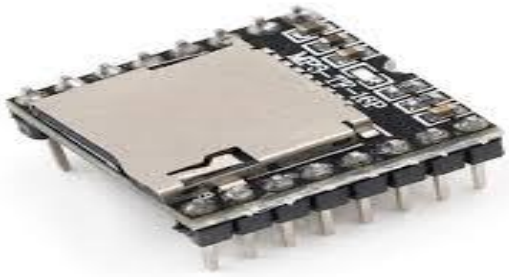
Servo motor adalah aktuator yang dapat bergerak pada sudut tertentu berdasarkan sinyal PWM. Servo memiliki keunggulan presisi tinggi dibanding motor DC biasa (Yanuar et al., 2024). Pada sistem ini, servo berfungsi menggerakkan tutup tempat sampah agar dapat membuka saat mendeteksi objek dan menutup kembali secara otomatis.



Gambar 2.3 Servo motor

2.1.6 DF player mini

DFPlayer Mini merupakan modul pemutar audio digital yang digunakan untuk menghasilkan output suara dalam sistem berbasis mikrokontroler. Modul ini dapat membaca *file* audio berformat MP3 dari media penyimpanan seperti microSD dan dikendalikan melalui komunikasi serial dengan mikrokontroler. Dalam sistem interaktif, DFPlayer Mini berfungsi sebagai media umpan balik (*feedback*) kepada pengguna. Pemberian suara edukatif dapat meningkatkan interaksi manusia dengan sistem serta memberikan respon langsung terhadap tindakan pengguna. Dalam penelitian ini, DFPlayer Mini digunakan untuk menghasilkan suara edukatif yang bertujuan meningkatkan kesadaran siswa dalam membuang sampah (Hilmansyah et al., 2024).



Gambar 2.4 DF player mini

2.1.7 *Speaker small horn*

Speaker merupakan perangkat output yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara yang dapat didengar oleh manusia. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, speaker digunakan sebagai media penyampaian informasi audio yang dihasilkan oleh modul pemutar suara seperti DFPlayer Mini.

Penggunaan speaker dalam sistem interaktif sangat penting karena mampu meningkatkan pengalaman pengguna melalui respon suara secara langsung. Dalam penelitian ini, speaker digunakan untuk menyampaikan pesan edukatif sehingga sistem tidak hanya bersifat otomatis, tetapi juga komunikatif dan edukatif (Ramadhan et al., 2023).

.



Gambar 2.5 *Speaker small horn*

2.1.8 Kabel *jumper*

Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika pada breadboard maupun langsung ke mikrokontroler. Kabel jumper tersedia dalam beberapa jenis, yaitu:

a. *Male to Male* (M-M): menghubungkan antar pin pada breadboard.



Gambar 2.6 Kabel *jumper* M-M

b. *Male to Female* (M-F): menghubungkan pin board (male) ke modul (female).



Gambar 2.7 Kabel *jumper* M-F

c. *Female to Female* (F-F): menghubungkan dua komponen dengan pin jantan.



Gambar 2.8 Kabel *jumper* F-F

Penggunaan kabel jumper mempermudah perakitan tanpa *soldering* (Maulida et al., 2025).

2.1.9 *Breadboard*

Breadboard adalah papan percobaan yang digunakan untuk merakit rangkaian elektronik sementara tanpa penyolderan permanen. Alat ini umum digunakan dalam penelitian *prototipe* karena memudahkan penggantian dan modifikasi rangkaian (Ramadhan et al., 2023)



Gambar 2.9 *Breadbord*

2.1.10 *Buzzer*

Buzzer adalah komponen elektronika yang menghasilkan bunyi sederhana ketika diberi tegangan atau sinyal PWM. Komponen ini digunakan sebagai indikator suara tambahan karena ukurannya kecil, murah, dan mudah dikendalikan melalui mikrokontroler (Hilmansyah et al., 2024). Pada penelitian ini, *buzzer* difungsikan sebagai penanda singkat saat tempat sampah terbuka atau ketika kapasitas sudah penuh.



Gambar 2.10 *Buzzer*

2.1.11 Penelitian dan pengembangan

Penelitian dan pengembangan *(Research and Development/R&D*) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu serta

menguji keefektifan produk tersebut dalam konteks penggunaannya. Metode ini tidak hanya berfokus pada pengumpulan data, tetapi juga pada proses perancangan, pengembangan, dan evaluasi produk agar sesuai dengan kebutuhan pengguna (Rafiq et al., 2024).

Pendekatan *Research and Development* banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis teknologi karena mampu menggabungkan aspek teoritis dan praktis dalam satu proses yang sistematis. Melalui metode ini, produk yang dihasilkan tidak hanya diuji dari segi fungsi, tetapi juga dari segi manfaat dan efektivitas penggunaannya.

2.1.12 Model pengembangan IIDDE

Salah satu model dalam metode *Research and Development* adalah model IIDDE *(Identify, Investigate, Design, Develop, Evaluate*). Model ini menggambarkan tahapan pengembangan sistem secara sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi hasil. Tahap *Identify* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di lapangan. Tahap *Investigate* dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui studi pustaka dan observasi. Tahap *Design* merupakan tahap perancangan sistem sesuai kebutuhan. Tahap *Develop* dilakukan dengan membangun dan mengimplementasikan sistem yang telah dirancang. Tahap *Evaluate* dilakukan untuk menguji dan mengevaluasi sistem yang telah dikembangkan. Model IIDDE dipilih karena memiliki alur yang sederhana, sistematis, dan sesuai untuk pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

2.1.13 Skala likert

Skala Likert merupakan metode yang digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, atau persepsi seseorang terhadap suatu pernyataan. Skala ini biasanya terdiri dari beberapa tingkatan jawaban, seperti sangat setuju, setuju, tidak setuju, dan sangat tidak setuju.

Setiap jawaban pada skala Likert memiliki bobot nilai tertentu. Pada penelitian ini, bobot penilaian yang digunakan adalah sebagai berikut:
Sangat Setuju (SS) bernilai 4, Setuju (S) bernilai 3, Tidak Setuju (TS) bernilai 2, dan Sangat Tidak Setuju (STS) bernilai 1. Nilai total dari setiap pernyataan kemudian dihitung untuk memperoleh tingkat penilaian responden terhadap sistem yang dikembangkan.

2.2 Penelitian yang relevan

Sub bab ini menguraikan penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik tempat sampah pintar berbasis IoT. Penelitian terdahulu dijadikan sebagai acuan dalam memperkuat dasar teori sekaligus melihat perbedaan maupun keunikan penelitian ini. Beberapa penelitian yang relevan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Penelitian yang relevan

No	Penulis / Tahun	Topik Penelitian	Metode/teknologi	Pembahasan	Hasil
1	Yanuar et al. 2024	Implementasi tempat sampah pintar berbasis sensor jarak dan notifikasi otomatis	Arduino + Sensor Ultrasonik + Servo	Sistem mampu mendeteksi volume sampah dan memberikan notifikasi otomatis.	Penelitian ini menghasilkan sistem tempat sampah otomatis dengan sensor jarak yang dapat membuka tutup dan mengirim notifikasi. Relevan dengan penelitian ini karena mengangkat otomasi dan integrasi notifikasi, meskipun belum menambahkan *feedback* suara.
2	Hilmansyah et al. 2024	Perancangan rangkaian *smart trash bin*	Arduino + Sensor Ultrasonik + Servo + Speaker/Buzzer	Perancangan sistem *smart bin* dengan fungsi buka/tutup otomatis dan pemberitahuan penuh.	mendeteksi kondisi penuh dan membuka tutup otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan servo. Terdapat penggunaan buzzer/speaker sebagai bentuk respon audio sehingga mendekati konsep *feedback* suara dalam penelitian ini.

3	Ramadhan et al. 2023	Smart trash bin berbasis IoT menggunakan suplai panel surya	IoT (NodeMCU) + Sensor Ultrasonik + Solar Panel	Mengintegrasikan IoT pada tempat sampah dengan sumber energi alternatif.	Penelitian ini menambahkan aspek energi terbarukan dengan panel surya sebagai sumber daya. Walau tidak membahas respon audio, penelitian ini relevan pada sisi penerapan IoT dalam sistem smart trash bin.
4	Maulida, et al. 2025	*Design of IoT-based smart trash bin* monitoring menggunakan ESP32 dan *Firebase*	Smart trash bin monitoring dengan ESP32 dan *Firebase*	Fokus pada pemantauan kapasitas sampah secara *real-time* berbasis *cloud*.	Menggunakan ESP32 dan *Firebase* untuk memantau status sampah secara *real-time* dan mengirim notifikasi jarak jauh. Relevan dalam hal integrasi IoT dan notifikasi, meskipun belum memiliki fitur *feedback* suara.
5	Nurjannah et al. 2024	Perancangan *smart trash bin* menggunakan logika *fuzzy* berbasis *Arduino*	Arduino + Sensor Ultrasonik + Servo + DFPlayer Mini + Speaker	Menggunakan logika *fuzzy* untuk mengatur buka/tutup serta memberikan notifikasi audio di sekolah dasar.	Penelitian ini menerapkan logika *fuzzy* dan DFPlayer Mini untuk memberikan respon audio edukatif di sekolah dasar. Sangat relevan karena menambahkan aspek interaktif berupa *feedback* suara yang sesuai dengan fokus penelitian ini.

Sub bab ini menguraikan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem tempat sampah pintar, khususnya penggunaan sensor ultrasonik, servo, notifikasi otomatis, dan integrasi IoT. Penelitian-penelitian tersebut menjadi acuan dalam perancangan penelitian ini, yaitu:

a. Yanuar, Utomo, Kusumastuti, dan Pramono (2024) melakukan penelitian mengenai tempat sampah pintar dengan sensor jarak dan sistem notifikasi otomatis. Penelitian ini relevan karena membahas otomasi buka-tutup menggunakan sensor.
b. Hilmansyah L.et al. (2024) merancang sistem *smart trash bin* dengan sensor ultrasonik, servo, serta perangkat audio (speaker/buzzer). Karya ini menjadi

acuan dalam pengembangan aspek interaktif.

c. Ramadhan, Kakke, Fajar, dan Prayogi (2023) mengembangkan tempat sampah pintar berbasis IoT dengan dukungan panel surya sebagai sumber energi alternatif. Penelitian ini menunjukkan penerapan IoT dalam sistem pengelolaan sampah.
d. Maulida et al. (2025) merancang sistem monitoring tempat sampah pintar berbasis IoT menggunakan ESP32 dan *Firebase*. Acuan ini penting karena menekankan integrasi perangkat dengan sistem notifikasi daring.
e. Nurjannah et al. (2024) melakukan penelitian mengenai penerapan sensor ultrasonik dan otomasi pada tempat sampah berbasis Arduino di lingkungan sekolah. Penelitian ini relevan karena menyoroti penerapan teknologi sederhana yang aplikatif.

Berdasarkan Tabel 2.1, terlihat bahwa sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada aspek otomasi, notifikasi, serta penggunaan IoT. Namun, penelitian ini memiliki perbedaan utama yaitu menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler yang lebih mendukung konektivitas internet dibanding *Arduino.* Selain itu, penelitian ini menambahkan *feedback* suara edukatif yang ditujukan khusus bagi anak-anak sekolah dasar agar proses membuang sampah menjadi lebih menyenangkan dan mendidik. Dengan demikian, penelitian ini menggabungkan keunggulan otomasi, IoT, serta interaktivitas audio yang belum sepenuhnya diangkat dalam penelitian sebelumnya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini difokuskan pada implementasi tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang ditujukan sebagai media edukasi untuk anak-anak sekolah dasar. Sistem ini memberikan pengalaman interaktif ketika anak membuang sampah melalui umpan balik suara yang menyenangkan serta notifikasi digital yang dapat dipantau oleh guru atau pendamping.

Objek penelitian adalah siswa SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya. Sekolah ini memiliki total 319 siswa dari kelas I–VI, namun penelitian difokuskan pada siswa kelas II A sebanyak 23 orang sebagai subjek utama. Pemilihan kelas II A didasarkan pada pertimbangan bahwa siswa kelas II masih memiliki rasa ingin tahu yang tinggi terhadap hal baru, berbeda dengan kelas I yang masih terlalu kecil, serta kelas atas yang mulai beranjak dewasa.

Data penelitian diperoleh dari hasil implementasi sistem di sekolah, meliputi:

a. Respon sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap keberadaan sampah,
b. Pergerakan servo motor dalam membuka dan menutup tutup,
c. Output suara dari DFPlayer Mini dan speaker,
d. Notifikasi kapasitas penuh yang dikirimkan melalui aplikasi *blynk.*

Dengan pendekatan ini, penelitian menghasilkan model tempat sampah pintar yang benar-benar diimplementasikan di lingkungan sekolah dasar, sehingga dapat diuji langsung efektivitasnya sebagai media edukasi dalam membentuk kebiasaan membuang sampah dengan benar.

3.2 Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*). Metode ini dipilih karena penelitian tidak hanya bertujuan untuk memahami konsep teoritis, tetapi juga menghasilkan suatu produk nyata berupa prototipe tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan fitur otomatisasi dan umpan balik suara. Penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu serta menguji keefektifan produk tersebut dalam konteks penggunaannya. Pendekatan ini melibatkan proses sistematis mulai dari tahap perancangan, pengembangan, hingga evaluasi produk yang dihasilkan agar sesuai dengan kebutuhan pengguna (Rafiq et al., 2024).

Selain itu, penerapan teknologi dalam bidang pendidikan melalui pendekatan pengembangan produk juga dinilai mampu meningkatkan interaksi dan keterlibatan pengguna, khususnya dalam konteks media edukasi berbasis teknologi (Granić, 2022). Oleh karena itu, metode R&D sangat sesuai digunakan dalam penelitian ini karena tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada manfaat edukatif dari sistem yang dikembangkan. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggunakan model pengembangan IIDDE (*Identify, Investigate, Design, Develop, Evaluate*). Model ini dipilih karena mampu menggambarkan tahapan pengembangan sistem secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi hasil.

Tahap *Identify* dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan rendahnya

kesadaran siswa dalam membuang sampah. Tahap *Investigate* dilakukan melalui studi pustaka dan observasi lapangan. Tahap *Design* dilakukan dengan merancang sistem *Smart Trash Bin* berbasis IoT. Tahap *Develop* dilakukan melalui proses perakitan perangkat keras dan pemrograman sistem. Tahap *Evaluate* dilakukan melalui pengujian sistem dan analisis hasil untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dikembangkan.

Selain itu, pada tahap evaluasi, penelitian ini juga menggunakan pendekatan pengujian secara eksperimental (*experimental testing*) untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan terhadap beberapa aspek utama, yaitu pengujian jarak deteksi sensor ultrasonik untuk mengetahui batas optimal pembacaan, pengujian waktu respon sistem dari proses deteksi hingga aktuator bekerja, serta pengujian sistem notifikasi melalui aplikasi *Blynk* untuk memastikan data dapat dikirim dan diterima secara *real-time*.

Parameter evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tingkat akurasi sensor dalam mendeteksi objek dan kapasitas sampah, waktu respon (*delay*) sistem dalam menjalankan fungsi otomatis, serta tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan seluruh fungsi sesuai dengan perancangan. Dengan adanya pengujian ini, diharapkan sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara konseptual, tetapi juga memiliki performa yang terukur dan dapat diimplementasikan secara nyata.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan model pengembangan IIDDE *(Identify, Investigate, Design, Develop, Evaluate).* Tahapan penelitian dilakukan secara

sistematis sebagai berikut:

3.3.1 *Identify* (Identifikasi masalah)

Menentukan permasalahan yang ada di lapangan, yaitu rendahnya minat anak sekolah dasar dalam membuang sampah secara mandiri karena tempat sampah konvensional dianggap kurang menarik dan kurang praktis.

3.3.2 *Investigate* (Pengumpulan data)

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui studi pustaka dan observasi lapangan. Studi pustaka digunakan untuk memperoleh dasar teori, sedangkan observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi nyata di sekolah.

3.3.3 *Design* (Perancangan sistem)

Rancangan dibuat dalam bentuk blok diagram, alur kerja, serta desain fisik *smart trash bin*. Komponen utama yang digunakan adalah ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, servo motor, DFPlayer Mini + speaker, *buzzer*, dan aplikasi *blynk*.

3.3.4 *Develop* (Implementasi sistem)

Proses implementasi dilakukan dengan merakit perangkat keras, memprogram ESP8266 menggunakan *Arduino* IDE, serta mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi satu kesatuan *smart trash bin*.

3.3.5 *Evaluate (*Pengujian dan Evaluasi)

Tahap ini dilakukan untuk menguji serta mengevaluasi sistem yang telah dikembangkan guna memastikan seluruh komponen dapat berfungsi sesuai dengan perancangan.

Pengujian dilakukan secara kuantitatif dengan beberapa metode sebagai berikut:

a) Respon sensor ultrasonik.

Sensor HC-SR04 dipasang di bagian depan (menyamping) dekat mulut wadah sehingga titik baca berada pada area atas depan wadah. Untuk fungsi deteksi tangan atau sampah masuk, sensor dikonfigurasikan dengan jarak deteksi maksimal 5 cm agar tidak aktif saat orang lewat. Pengujian dilakukan dengan mendekatkan tangan atau objek pada jarak 1–5 cm untuk memastikan sensor hanya merespon ketika objek benar-benar berada dalam jarak deteksi.

b) Kecepatan servo membuka/menutup

Ketika sensor mendeteksi objek, servo akan membuka penutup tempat sampah. Setelah itu, servo akan menutup kembali secara otomatis setelah jeda sekitar 3 detik (waktu terprogram) untuk memberikan kesempatan sampah masuk serta mencegah penutupan saat tangan masih berada di dekat sensor. Pengujian dilakukan berulang kali untuk memastikan konsistensi dan keamanan mekanisme.

c) Tingkat keberhasilan deteksi sampah penuh

Sensor yang berfungsi mendeteksi kondisi penuh dipasang menyamping pada bagian atas dalam wadah. Dengan konfigurasi ini, sistem akan mengirimkan notifikasi ketika sampah mencapai posisi sejajar dengan sensor. Pengujian dilakukan dengan mengisi sampah hingga mencapai level sensor untuk memastikan notifikasi muncul secara tepat.

d) Keluaran suara dan notifikasi IoT

Audio edukatif dari DFPlayer Mini diputar setiap kali sampah terdeteksi masuk untuk memberikan respon positif kepada pengguna, seperti pesan “Terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya.” Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme pendeteksi aktivitas berulang. Jika sensor mendeteksi pemicuan berulang dalam waktu singkat tanpa perubahan volume sampah, sistem akan mengeluarkan pesan peringatan seperti “Jangan mainkan sensornya, ya!” sebagai bentuk kontrol perilaku pengguna. Notifikasi kondisi penuh akan dikirim melalui aplikasi *Blynk* ketika sensor mendeteksi kapasitas sampah telah mencapai batas maksimal. Pengujian dilakukan dengan memastikan bahwa audio terdengar jelas pada jarak ±1 meter dan notifikasi dapat diterima pada aplikasi *Blynk* secara *real-time.*

Selain itu, hasil pengujian dianalisis menggunakan beberapa parameter evaluasi, yaitu akurasi sensor dalam mendeteksi objek dan kondisi kapasitas sampah, waktu respon *(delay)* sistem dari proses deteksi hingga aktuator bekerja, serta tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan seluruh fungsi sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menilai efektivitas sistem dalam mendukung fungsi otomatisasi serta sebagai media edukasi bagi siswa.

Selain pengujian teknis, penelitian ini juga melakukan evaluasi terhadap pengguna melalui kuesioner untuk mengetahui tingkat penerimaan sistem. Data kuesioner dianalisis menggunakan metode skala Likert.

Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$\text{Persentase (\%)} = (\text{Skor total} / \text{Skor maksimum}) \times 100\% \qquad (2)$$

Skor total merupakan jumlah seluruh nilai jawaban responden, sedangkan skor maksimum diperoleh dari jumlah responden dikalikan skor tertinggi dan jumlah pertanyaan.

Skor total merupakan jumlah seluruh nilai jawaban responden, sedangkan skor maksimum diperoleh dari jumlah responden dikalikan dengan skor tertinggi dan jumlah pertanyaan. Hasil persentase yang diperoleh kemudian dikategorikan ke dalam beberapa tingkat penilaian, yaitu persentase antara 81 persen sampai 100 persen termasuk kategori sangat baik, persentase antara 61 persen sampai 80 persen termasuk kategori baik, persentase antara 41 persen sampai 60 persen termasuk kategori cukup, persentase antara 21 persen sampai 40 persen termasuk kategori kurang, dan persentase antara 0 persen sampai 20 persen termasuk kategori sangat kurang.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam mendukung proses penelitian. Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.4.1 Studi pustaka

Pengumpulan data dilakukan melalui literatur, jurnal, artikel ilmiah, maupun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *Internet of Things* (IoT), sensor ultrasonik, servo motor, DFPlayer Mini, serta penerapan *smart trash bin*. Studi pustaka ini bertujuan untuk memperkuat landasan teori, mengidentifikasi kekurangan penelitian sebelumnya, dan memastikan relevansi penelitian yang dilakukan.

3.4.2 Observasi lapangan

Observasi dilakukan dalam dua tahap:

a) Observasi teknis, dilakukan di rumah/laboratorium peneliti. Tujuannya untuk memastikan kinerja perangkat keras (sensor ultrasonik, servo, *buzzer*, dan modul suara) sesuai rancangan. Data yang dicatat meliputi jarak optimal deteksi, kecepatan buka-tutup *servo*, serta kondisi aktifnya indikator penuh. Tahap ini bersifat pengujian awal agar sistem siap diterapkan di lapangan.
b) Observasi lapangan dilakukan setelah *prototipe Smart Trash Bin* siap dioperasikan. Kegiatan observasi dilaksanakan di SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya, khususnya pada kelas II A dengan jumlah siswa sebanyak 23 orang. Observasi difokuskan pada perilaku siswa dalam membuang sampah, tingkat kemandirian siswa, serta sejauh mana siswa merespons fitur suara dan notifikasi yang dihasilkan oleh sistem. Selain itu, observasi juga memperhatikan ketertarikan siswa terhadap penggunaan *Smart Trash Bin* sebagai media edukasi kebersihan. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap aktivitas siswa saat menggunakan tempat sampah. Hasil observasi dicatat menggunakan lembar observasi yang telah disusun dalam bentuk tabel dan deskripsi. Lembar observasi yang digunakan dapat dilihat pada lampiran.

3.4.3 Wawancara

Wawancara dilakukan dengan guru SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya, khususnya wali kelas dan guru yang berinteraksi langsung dengan siswa. Wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kebiasaan siswa

dalam menjaga kebersihan, kendala dalam menanamkan kedisiplinan, serta tanggapan terhadap penggunaan *Smart Trash Bin* sebagai media edukasi kebersihan.

Wawancara dilakukan setelah *prototipe Smart Trash Bin* selesai dikembangkan dan diuji, sehingga narasumber dapat memberikan tanggapan berdasarkan penggunaan langsung terhadap sistem. Pertanyaan wawancara disusun secara terstruktur dan disesuaikan dengan tujuan penelitian. Daftar pertanyaan wawancara dapat dilihat pada lampiran.

3.4.4 Dokumentasi

Dokumentasi berupa foto dilakukan pada dua tahap, yaitu saat proses perancangan dan pengujian *prototipe* di laboratorium/rumah, serta saat implementasi dan uji coba langsung di sekolah dasar. Selain itu, dokumentasi juga mencakup data jumlah siswa yang diperoleh dari wali kelas dalam bentuk *file Excel* sebagai data pendukung penelitian. Dokumentasi ini digunakan sebagai bukti pendukung penelitian dan memperjelas hasil yang diperoleh.

3.5 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan komponen apa saja yang diperlukan dalam merancang dan mengimplementasikan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT agar dapat menyelesaikan masalah pengelolaan sampah pada anak-anak sekolah dasar. Kebutuhan sistem ini dibagi menjadi empat kategori, yaitu kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, kebutuhan informasi, dan kebutuhan pengguna.

3.5.1 Analisis data

a) Kebutuhan perangkat keras

1) NodeMCU ESP8266, sebagai mikrokontroler utama untuk mengendalikan sensor, servo, *buzzer*, DFPlayer Mini, dan komunikasi dengan aplikasi *blynk*.
2) Sensor Ultrasonik HC-SR04, mendeteksi keberadaan tangan/sampah di depan tempat sampah dan volume sampah di dalamnya.
3) Servo Motor, membuka dan menutup tutup tempat sampah otomatis.
4) DFPlayer Mini + *Speaker Small Horn*, memberikan *feedback* audio berupa suara edukatif.
5) *Buzzer***,** memberikan peringatan tambahan jika sampah penuh.
6) *Breadboard & Kabel jumper* (M-M, M-F, F-F), perakitan dan sambungan antar komponen.
7) *Charger* 5V, sebagai sumber daya sistem.
8) *Chassis* Tempat Sampah, wadah fisik untuk implementasi sistem.

b) Kebutuhan perangkat lunak

1) Arduino IDE, digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke NodeMCU ESP8266.
2) *Blynk*, aplikasi IoT**,** yang menerima notifikasi status sampah penuh melalui smartphone.

c) Kebutuhan informasi

1) Notifikasi sampah penuh kepada guru/pengelola.

2) Audio edukasi sesekali sebagai motivasi anak agar membuang sampah dengan benar.

d) Kebutuhan pengguna

1) Siswa sekolah dasar, Siswa kelas II A SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya pengguna utama (23 orang)
2) Guru/wali kelas II A, penerima notifikasi dan pengelola sampah.
3) Peneliti, perancang dan evaluator sistem.

Tabel 3.5 Rincian komponen

No	Komponen	Jumlah	Harga	Total (Rp)
1.	NodeMCU ESP8266 board	1	48.000	48.000
2.	Sensor Ultrasonik HC-SR04	2	15.000	25.000
3.	Servo Motor (SG90)	1	18.000	18.000
4.	DFPlayer Mini	1	35.000	35.000
5.	Speaker mini 3W	1	20.000	20.000
6.	*Buzzer*	1	5.000	5.000
7.	*Breadboard*	1	25.000	25.000
8.	Kabel *jumper* (set)	1	15.000	15.000
9.	*Power Supply* (*charger* HP 5V)	1	30.000	30.000
10.	Chassis Tempat Sampah	1	50.000	50.000
11.	ESP8266 *Shield* / *Expansion Board*	1	25.000	25.000
Jumlah				301.000

3.5.2 Analisis proses

Proses kerja sistem tempat sampah pintar berbasis IoT ini dirancang untuk mendukung interaksi anak-anak sekolah dasar dalam membuang sampah secara lebih mudah dan menyenangkan. Alur proses yang diusulkan dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Deteksi kehadiran pengguna

Sensor ultrasonik HC-SR04 mendeteksi keberadaan tangan atau objek pada jarak tertentu (misalnya 5–15 cm) di depan tutup tempat sampah.

b) Aktivasi servo motor

Jika jarak terdeteksi sesuai dengan batas yang ditentukan, mikrokontroler memberikan perintah pada servo motor untuk membuka tutup tempat sampah secara otomatis.

c) *Feedback* audio

Bersamaan dengan terbukanya tutup, modul DFPlayer Mini yang terhubung dengan speaker mengeluarkan suara edukatif atau respon positif (misalnya “Terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya”), sehingga memberi motivasi kepada anak-anak. Untuk mencegah agar anak-anak tidak menjadikan suara sebagai bahan permainan, sistem diatur agar suara edukatif tidak diputar setiap kali sensor mendeteksi, melainkan hanya pada interval tertentu (misalnya setiap beberapa kali pembuangan sampah).

d) Deteksi kapasitas sampah

Sensor ultrasonik kedua dipasang menyamping pada bagian atas dalam wadah, sehingga hanya akan aktif ketika sampah sudah menumpuk hingga sejajar

dengan posisi sensor. Dengan konfigurasi ini, sistem lebih akurat dalam mendeteksi kondisi penuh, tanpa dipengaruhi sampah yang berada di bagian bawah. Notifikasi penuh dikirim melalui aplikasi Blynk segera setelah sensor mendeteksi adanya sampah di depan bidang deteksinya.

e) Pengiriman notifikasi

Ketika tempat sampah mencapai kondisi penuh, mikrokontroler mengirimkan data ke aplikasi *blynk* sehingga guru atau pengelola sekolah mendapatkan notifikasi melalui smartphone.

f) Penutupan tutup sampah

Setelah beberapa detik atau setelah objek menjauh, servo motor menutup kembali tutup tempat sampah untuk menjaga kebersihan dan mencegah bau keluar.

3.5.3 Analisis kelemahan

Sistem tempat sampah pintar ini menggunakan aplikasi *blynk* sebagai media notifikasi utama. Walaupun praktis dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler, terdapat beberapa kelemahan yang perlu dicatat.

a) Aksesibilitas terbatas

Tidak semua pengguna memiliki aplikasi *blynk* di perangkat mereka. Hal ini dapat menghambat penyampaian informasi apabila pengguna belum melakukan instalasi aplikasi.

b) Ketergantungan pada pihak ketiga

Sistem sepenuhnya bergantung pada server *blynk*. Apabila terjadi gangguan layanan, notifikasi tidak dapat diterima.

c) Keterbatasan kompatibilitas

Tidak semua perangkat atau sistem operasi mendukung aplikasi *blynk* dengan baik, sehingga dapat menimbulkan kendala teknis pada sebagian pengguna.

d) Fleksibilitas rendah

Notifikasi hanya tersedia melalui aplikasi *blynk*, sementara sebagian pengguna lebih terbiasa dengan media lain seperti SMS, *WhatsApp*, atau email.

e) Ketergantungan pada sumber daya listrik

Perangkat masih bergantung pada adaptor atau baterai eksternal sebagai sumber daya. Jika pasokan daya terganggu, maka sistem tidak dapat berfungsi optimal.

f) Aspek keamanan penggunaan

Karena digunakan di lingkungan sekolah dasar, perangkat tetap memerlukan pengawasan agar aman dari kerusakan akibat interaksi anak-anak maupun potensi penyalahgunaan.

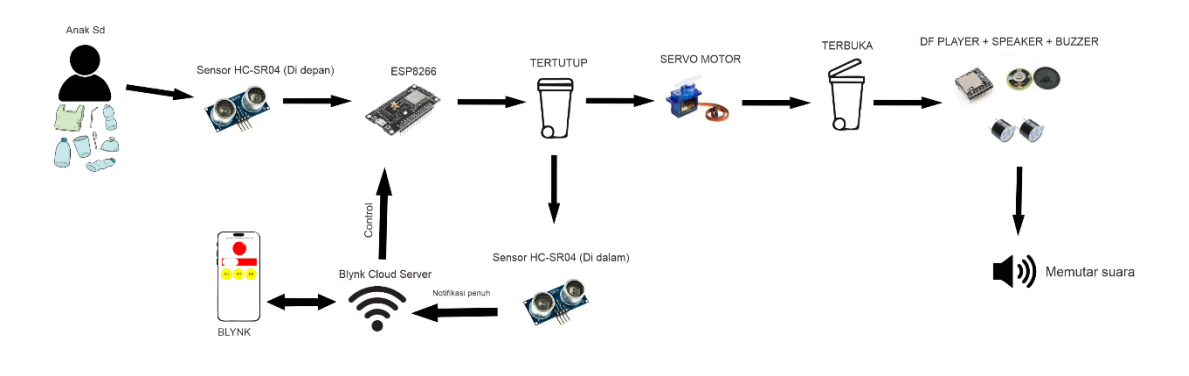
Dengan demikian, penggunaan *blynk* sebagai media notifikasi serta keterbatasan perangkat keras seperti kebutuhan daya dan keamanan lingkungan menjadi catatan penting dalam penelitian ini. Hal ini dapat menjadi acuan pengembangan lebih lanjut agar sistem lebih andal, aman, dan fleksibel.

3.6 Desain

Bagian ini merupakan dari desain sistem. Beberapa hal yang diperlukan dalam desain sistem disertakan gambar dan penjelasan sebagai penunjang terkait gambar yang disajikan.

3.6.1 Desain arsitektur IoT

Desain arsitektur IoT menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam sistem tempat sampah pintar. Arsitektur ini menunjukkan bagaimana setiap perangkat berinteraksi mulai dari sensor, mikrokontroler, hingga aplikasi *blynk* pada *smartphone*.



Gambar 3.1 Desain arsitektur IoT tempat sampah pintar

Desain arsitektur sistem menggambarkan hubungan antar komponen utama yang saling terhubung melalui koneksi Wi-Fi. Sistem ini dirancang memiliki dua mode operasional, yaitu mode offline dan mode online (*Internet of Things*).

Pada mode offline, sistem tetap dapat bekerja secara mandiri tanpa koneksi internet. Sensor ultrasonik di bagian depan mendeteksi tangan atau objek, kemudian mengirimkan data ke mikrokontroler ESP8266 untuk menggerakkan servo motor dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Selain itu, DFPlayer Mini, speaker, dan *buzzer* akan memberikan umpan balik suara sebagai respon interaktif kepada pengguna.

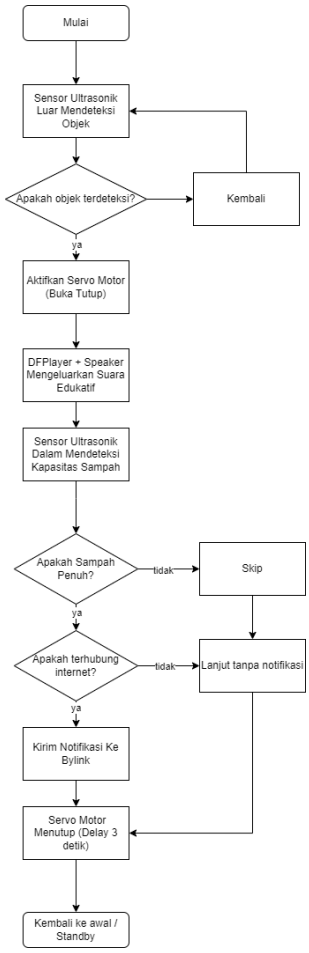
Pada mode online, ketika sistem terhubung dengan jaringan internet, ESP8266 akan mengirimkan data ke *Blynk Cloud Server*. Sensor ultrasonik di dalam tempat sampah digunakan untuk mendeteksi kapasitas sampah, dan ketika kondisi penuh terdeteksi, sistem akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi *Blynk* pada *smartphone* pengguna secara *real-time*.

Dengan demikian, sistem tidak hanya mampu bekerja secara otomatis dan interaktif dalam kondisi tanpa internet, tetapi juga dapat melakukan monitoring jarak jauh ketika terhubung dengan jaringan, sehingga lebih fleksibel dan andal dalam berbagai kondisi penggunaan.

3.6.2 Desain proses

Desain proses bertujuan untuk menggambarkan alur kerja sistem tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang agar sesuai dengan kebutuhan pengguna, terutama anak-anak sekolah dasar. Sistem ini bekerja melalui beberapa tahapan, mulai dari deteksi keberadaan pengguna, pembukaan tutup secara otomatis, pemberian *feedback* audio, hingga pengiriman notifikasi ketika kapasitas sampah telah penuh.

Alur proses kerja sistem dapat dilihat pada *flowchart* berikut:



Gambar 3.2 Alur kerja sistem

Proses kerja sistem tempat sampah pintar dimulai ketika perangkat dalam kondisi aktif dan siap beroperasi. Sensor ultrasonik yang ditempatkan di bagian luar berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek, seperti tangan pengguna yang akan membuang sampah. Jika objek terdeteksi pada jarak tertentu, maka mikrokontroler ESP8266 akan mengaktifkan servo motor untuk membuka tutup tempat sampah secara otomatis, sehingga pengguna tidak perlu menyentuh tempat sampah secara langsung. Sebaliknya, jika tidak ada objek yang terdeteksi, sistem akan tetap berada dalam kondisi siaga (*standby*). Setelah tutup terbuka, sistem

akan memutar suara edukatif melalui modul DFPlayer Mini yang terhubung dengan speaker sebagai bentuk respon interaktif kepada pengguna. Suara ini dirancang sebagai bagian dari media edukasi untuk meningkatkan kesadaran menjaga kebersihan.

Selanjutnya, sensor ultrasonik yang berada di dalam tempat sampah akan melakukan pengecekan kapasitas sampah. Jika kondisi sampah terdeteksi penuh, maka sistem akan memeriksa koneksi internet. Apabila perangkat terhubung ke jaringan internet, ESP8266 akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi *Blynk* sebagai peringatan kepada pengelola. Namun, jika tidak terhubung ke internet, proses notifikasi tidak dilakukan, tetapi sistem tetap berjalan secara normal. Jika sampah belum penuh, atau setelah proses notifikasi selesai dilakukan, sistem akan memberikan jeda waktu sekitar 3 detik sebelum servo motor menutup kembali tutup tempat sampah secara otomatis. Setelah tutup tertutup, sistem kembali ke kondisi awal (*standby*) untuk menunggu pengguna berikutnya.

3.6.3 Desain perangkat

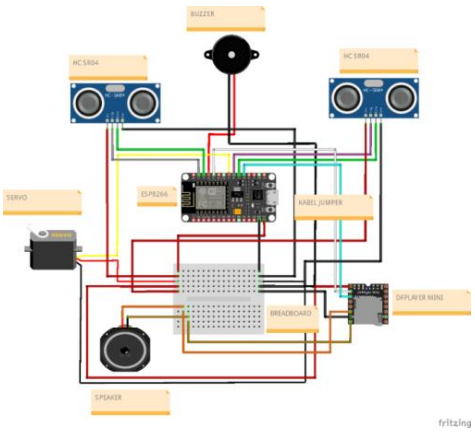
Desain perangkat pada sistem tempat sampah pintar ini terdiri dari dua aspek utama, yaitu desain perangkat keras (*hardware*) dan desain perangkat lunak (*software)***.**

a) Perangkat keras (*hardware*)

Rangkaian perangkat keras dibuat dengan menggunakan *mikrokontroler* ESP8266 sebagai pusat pengendali sistem. Beberapa komponen utama yang digunakan adalah:

1) Sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai input untuk mendeteksi jarak benda atau tangan pengguna.
2) Servo Motor yang berfungsi untuk membuka dan menutup penutup tempat sampah.
3) DFPlayer Mini yang terhubung dengan speaker untuk memutar suara edukasi.
4) *Buzzer* sebagai indikator tambahan (alarm/sinyal).
5) *Breadboard* dan kabel *jumper* sebagai media penghubung komponen.

Alur kerjanya adalah sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah, kemudian data dikirim ke ESP8266. Jika objek sesuai kriteria, mikrokontroler mengaktifkan servo motor untuk membuka tutup. Pada waktu tertentu, DFPlayer Mini juga memutar suara edukasi melalui speaker. Prinsip kerja perangkat ini menekankan interaksi antara input (sensor), pengendali (ESP8266), dan output (*servo*, *speaker*, *buzzer*). Desain rangkaian perangkat keras dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.3 Desain rangkaian perangkat keras

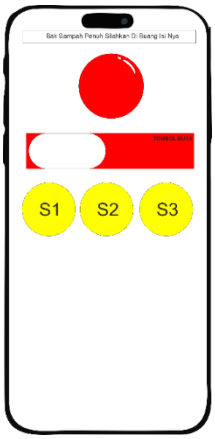
b) Perangkat lunak (*software*)

Perangkat lunak pada sistem ini dirancang menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Program bertugas untuk:

1) Membaca data dari sensor ultrasonik.
2) Mengendalikan servo motor berdasarkan kondisi input.
3) Mengatur kapan DFPlayer Mini memutar suara edukasi (tidak setiap kali, tetapi hanya beberapa kali agar tidak dimainkan berulang oleh anak-anak).
4) Mengatur indikator *buzzer* sebagai penanda proses.

c) Antarmuka *blynk*

Aplikasi *blynk* digunakan sebagai media monitoring dan notifikasi pada sistem tempat sampah pintar. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat memantau status tempat sampah serta menerima notifikasi otomatis ketika kondisi tempat sampah terdeteksi penuh. Selain itu, aplikasi *blynk* menyediakan fitur untuk memutar suara edukasi secara manual. Aplikasi ini tidak digunakan sebagai pengendali utama aktuator, karena proses buka dan tutup tempat sampah dikendalikan secara otomatis oleh sistem berbasis sensor ultrasonik.



Gambar 3.4 Desain antarmuka aplikasi *blynk*

d) Rancangan desain tempat sampah pintar

Tempat sampah pintar ini dirancang menggunakan wadah plastik dengan ukuran sedang yang mudah ditempatkan di lingkungan sekolah dasar. Pada bagian depan tutup dipasang sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi tangan

atau objek pada jarak tertentu sehingga tutup dapat terbuka secara otomatis. Di bagian samping wadah dipasang modul speaker yang terhubung dengan DFPlayer Mini untuk mengeluarkan suara edukatif sebagai bentuk umpan balik interaktif. Selain itu, di bagian dalam atas wadah dipasang sensor ultrasonik tambahan yang menghadap secara lateral untuk mendeteksi kondisi penuh.

NodeMCU ESP8266, *buzzer*, dan rangkaian elektronik ditempatkan pada sebuah kotak pelindung di sisi luar wadah agar aman dari cipratan dan mudah dalam perawatan. Sistem ini mendapat daya dari adaptor charger HP 5V yang terhubung langsung ke jaringan listrik. Dengan rancangan ini, tempat sampah pintar mampu memberikan kemudahan, edukasi, sekaligus informasi notifikasi ketika sampah sudah penuh.



Gambar 3.5 Rancangan desain tempat sampah pintar

Selain itu, bagian dasar wadah dirancang dengan lubang kecil atau saluran pembuangan sederhana agar cairan dari sampah basah yang masuk secara tidak

sengaja dapat keluar. Hal ini bertujuan untuk menjaga kebersihan wadah dan melindungi komponen elektronik dari risiko kelembaban atau arus pendek.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada tahap hasil ini dijelaskan proses mulai dari perakitan perangkat keras, implementasi perangkat lunak, hingga pengujian sistem *prototype Smart Trash Bin berbasis Internet of Things* (IoT). Hasil akhir dari *prototype* dapat dilihat pada gambar implementasi sistem yang telah dirakit dan disempurnakan.

Prototype yang telah dibuat terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, dua sensor ultrasonik (sensor luar dan sensor dalam), servo motor sebagai penggerak tutup, modul DFPlayer Mini sebagai pemutar suara, *buzzer* sebagai indikator bunyi, serta aplikasi *blynk* sebagai media monitoring notifikasi jarak jauh. Seluruh komponen telah dirakit dan ditempatkan pada wadah tempat sampah dengan susunan yang rapi serta dilengkapi pelindung agar aman digunakan di lingkungan sekolah dasar.

4.1.1 Implementasi sistem

a) Cara kerja sistem

Sistem tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) ini bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan komunikasi antara mikrokontroler ESP8266, sensor ultrasonik, servo motor, modul DFPlayer Mini, dan aplikasi *blynk* sebagai platform monitoring jarak jauh.

Ketika perangkat dinyalakan, NodeMCU ESP8266 terhubung ke jaringan Wi-Fi dan melakukan autentikasi ke server *blynk* menggunakan *Auth Token*. Hal ini membuat sistem dapat mengirim dan menerima data secara *real time* melalui

internet.

Alur kerja sistem IoT secara umum adalah sebagai berikut:

1) Sensor ultrasonik luar (HC-SR04) membaca jarak antara tutup tempat sampah dan objek di depannya. Jika jarak ≤ 5 cm, dianggap ada tangan atau sampah yang mendekat.
2) NodeMCU kemudian mengirim sinyal ke servo motor untuk membuka tutup secara otomatis.
3) Pada saat yang sama, modul DFPlayer Mini memutar suara edukatif seperti "Terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya."
4) Jika anak memainkan sensor terlalu sering (lebih dari 4 kali dalam 8 detik), maka sistem akan memutar suara peringatan **"**Tolong jangan mainkan sensor."
5) Setelah sekitar ±5 detik, servo akan menutup kembali tutup tempat sampah dan *buzzer* berbunyi singkat sebagai tanda tutup tertutup. Waktu ini diatur melalui program menggunakan fungsi *millis*() sehingga dapat disesuaikan sesuai kebutuhan.
6) Pengaturan waktu respon sistem dilakukan melalui program pada *mikrokontroler* ESP8266 menggunakan fungsi *millis()*, sehingga sistem dapat bekerja secara *non-blocking* tanpa mengganggu pembacaan sensor. Parameter waktu seperti penutupan tutup (±5 detik), deteksi penggunaan berulang (±8 detik), serta interval notifikasi (±60 detik) dapat diatur dan diubah melalui kode program yang terdapat pada lampiran.

7) Sensor ultrasonik bagian dalam dipasang secara lateral (menghadap ke depan) di sisi atas wadah. Posisi ini membuat deteksi dilakukan secara horizontal, sehingga hasil pembacaan lebih akurat dan tidak terganggu tumpukan sampah di bawah. Saat jarak terukur ≤ 6 cm, sistem menganggap wadah penuh, lalu memutar suara "Tempat sampah penuh" dan mengirim notifikasi ke aplikasi *blynk* agar segera dikosongkan.

Dengan cara kerja tersebut, sistem ini tidak hanya otomatis, tetapi juga terkoneksi ke *cloud IoT Blynk*, menjadikannya *smart system* yang dapat diakses jarak jauh dan memberikan *feedback* real-time.

b) Implementasi perangkat keras

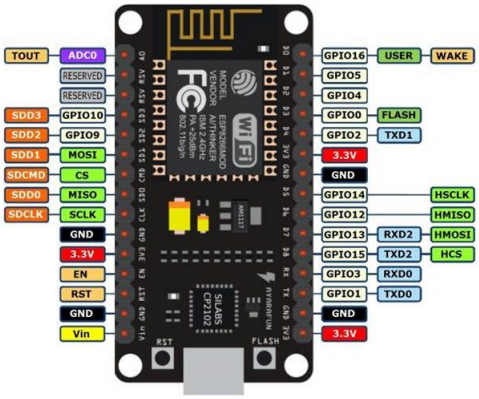
Perangkat keras disusun pada papan percobaan (*breadboard*) dengan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengendali. Komponen utama dan hubungannya dijelaskan berikut ini:

Tabel 4.1 Komponen perangkat keras

NO	Komponen Perangkat Keras	Fungsi	Keterangan Pin / Koneksi
1.	NodeMCU ESP8266	Mikrokontroler utama	Semua sensor dan aktuator terhubung ke pin digital
2.	Sensor Ultrasonik Luar (HC-SR04)	Mendeteksi tangan/sampah di depan	TRIG → D1, ECHO → D2
3.	Sensor Ultrasonik Dalam (HC-SR04)	Mendeteksi kapasitas sampah penuh	TRIG → D6 ECHO → D0
4.	Servo Motor (SG90)	Membuka dan menutup tutup tempat sampah	Sinyal → D5
5.	*Buzzer*	Memberi tanda saat tutup menutup atau penuh	Positif → D3

6.	DFPlayer Mini	Memutar suara edukatif	RX → D7 TX → D4
7.	Speaker 3W	Output audio dari DFPlayer	Ke pin SPK1 & SPK2 DFPlayer
8.	*Power Supply*	Menyuplai seluruh komponen	VCC ke VIN NodeMCU dan DFPlayer
9.	*Breadboard* + Kabel *Jumper*	Penghubung antar komponen	Penghubung antar komponen

Seluruh komponen sistem dirangkai berdasarkan konfigurasi yang telah ditentukan pada Tabel 4.1 dan mengacu pada desain rangkaian pada Gambar 3.2. Penamaan pin pada NodeMCU ESP8266 yang digunakan dalam Tabel 4.1 mengacu pada penamaan pin digital (D0–D8) yang umum digunakan dalam pemrograman Arduino IDE. Namun, secara fisik pada board NodeMCU, pin tersebut memiliki padanan dalam bentuk GPIO (General Purpose Input Output). Sebagai contoh, pin D1 setara dengan GPIO5, pin D2 setara dengan GPIO4, pin D5 setara dengan GPIO14, pin D6 setara dengan GPIO12, dan pin D7 setara dengan GPIO13. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman terhadap pemetaan pin agar tidak terjadi kesalahan dalam proses pengkabelan dan implementasi sistem. Posisi fisik dari pin-pin tersebut dapat dilihat pada diagram pin NodeMCU ESP8266 yang disajikan pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Diagram pin NodeMCU ESP8266

Diagram tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan posisi fisik pin serta memastikan kesesuaian antara penamaan pin pada program dengan koneksi perangkat keras yang digunakan.

Tahap awal dalam implementasi perangkat keras adalah menyiapkan seluruh komponen yang akan digunakan, termasuk wadah tempat sampah sebagai media utama sistem. Wadah ini digunakan sebagai tempat pemasangan seluruh rangkaian elektronik serta sebagai objek utama dalam penerapan sistem Smart Trash Bin. Tempat sampah yang digunakan merupakan wadah plastik dengan ukuran sedang yang dilengkapi dengan penutup, sehingga memungkinkan untuk dimodifikasi dengan pemasangan sensor, servo, dan komponen lainnya.



Gambar 4.2 Wadah tempat sampah sebagai media implementasi sistem

Selanjutnya dilakukan proses pensolderan pada komponen yang memerlukan sambungan permanen, seperti kabel pada speaker serta komponen lain yang membutuhkan koneksi yang lebih kuat dan stabil. Pensolderan dilakukan menggunakan alat solder dan timah untuk memastikan koneksi antar komponen tidak mudah terlepas saat digunakan. Proses ini penting untuk

menjamin kualitas sambungan listrik sebelum komponen dirangkai pada *breadboard*.



Gambar 4.3 Proses pensolderan komponen pendukung sistem

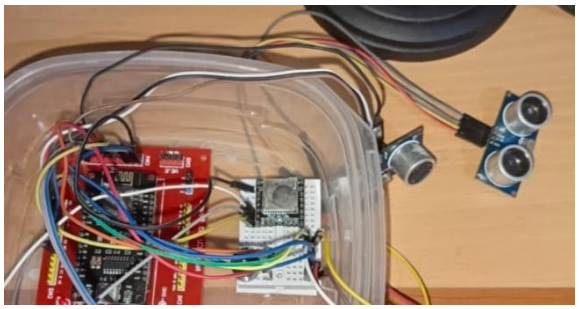
Tahap berikutnya adalah pemasangan modul DFPlayer Mini yang berfungsi sebagai pemutar suara edukatif. Modul ini dihubungkan ke NodeMCU melalui pin RX → D7 dan TX → D4 serta terhubung dengan speaker sebagai output suara. Selain itu, *buzzer* juga dipasang sebagai indikator suara tambahan yang dihubungkan ke pin D3.



Gambar 4.4 Pemasangan DFPlayer Mini

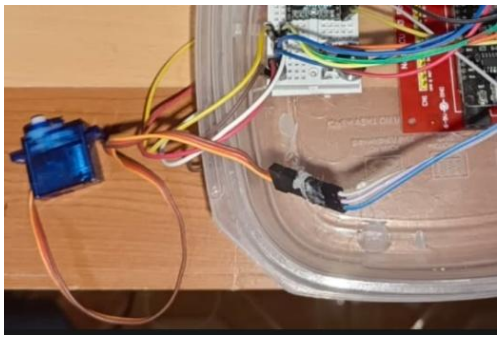
Setelah itu, dilakukan pemasangan dua sensor ultrasonik HC-SR04 ke *breadboard* yang dihubungkan ke NodeMCU ESP8266 sesuai dengan konfigurasi pada Tabel 4.1. Sensor ultrasonik luar dipasang untuk mendeteksi keberadaan

tangan atau sampah di bagian depan dengan konfigurasi pin TRIG → D1 dan ECHO → D2, sedangkan sensor ultrasonik dalam dipasang untuk mendeteksi kapasitas sampah dengan konfigurasi pin TRIG → D6 dan ECHO → D0.



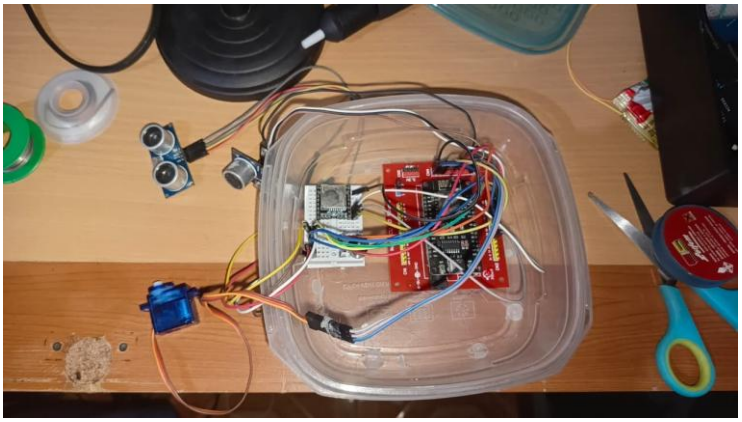
Gambar 4.5 Pemasangan sensor ultrasonik ke *breadboard*

Selanjutnya, servo motor dipasang sebagai aktuator yang berfungsi membuka dan menutup tutup tempat sampah. Servo dihubungkan ke NodeMCU melalui pin D5 sebagai sinyal kontrol, serta ke VCC dan GND pada *breadboard*.



Gambar 4.6 Pemasangan servo motor ke *breadboard*

Setelah seluruh komponen terhubung, rangkaian disusun pada *breadboard* menggunakan kabel *jumper* sesuai konfigurasi pada Tabel 4.1. Selanjutnya, seluruh rangkaian diintegrasikan menjadi satu sistem yang utuh. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengendali yang mengatur seluruh input dan output sistem.



Gambar 4.7 Rangkaian keseluruhan sistem

Setelah sistem terintegrasi, rangkaian dipasang pada wadah tempat sampah. Sensor ultrasonik luar ditempatkan di bagian depan untuk mendeteksi objek, sedangkan sensor ultrasonik dalam dipasang secara lateral (menyamping) di bagian atas wadah untuk mendeteksi kapasitas sampah.



Gambar 4.8 Peletakan rangkaian pada wadah tempat sampah

Pada tahap akhir, dilakukan penyempurnaan dengan memperkuat pemasangan komponen menggunakan baut serta merapikan kabel menggunakan pelindung agar lebih aman, rapi, dan estetis.



Gambar 4.9 Hasil penyempurnaan akhir system

Menunjukkan hasil akhir setelah seluruh komponen dipasang menggunakan baut agar lebih kokoh, menggantikan perekat sebelumnya. Selain itu, dilakukan penyempurnaan tata letak dan perapian kabel dengan memasukkannya ke dalam pipa pelindung guna meningkatkan keamanan, kerapian, dan estetika perangkat. Penyempurnaan ini bertujuan agar sistem lebih siap digunakan dan aman saat dioperasikan. Dengan demikian, sistem tempat sampah pintar telah berhasil diimplementasikan secara fisik dan siap untuk dilakukan proses pengujian fungsi pada tahap selanjutnya.

Dengan tahapan tersebut, implementasi perangkat keras tidak dilakukan secara langsung, melainkan melalui proses bertahap mulai dari persiapan, perakitan, integrasi, hingga penyempurnaan, sehingga sistem yang dihasilkan lebih terstruktur dan siap untuk diuji pada tahap selanjutnya.

c) Implementasi perangkat lunak

Perangkat lunak pada sistem tempat sampah pintar ini diimplementasikan menggunakan Arduino IDE dan dijalankan pada *NodeMCU ESP8266*. Program yang dikembangkan mampu mengintegrasikan pembacaan sensor ultrasonik, pengendalian servo motor, pemutaran suara edukatif melalui DFPlayer Mini, serta pengiriman notifikasi kondisi penuh melalui aplikasi *blynk.*

Berikut merupakan tampilan program yang digunakan dalam pengembangan sistem.



Gambar 4.10 Tampilan kode program pada Arduino IDE

Gambar tersebut menunjukkan sebagian kode program yang digunakan dalam pengembangan sistem. Program secara lengkap disajikan pada bagian lampiran.

Berdasarkan hasil implementasi, sistem dapat membaca jarak dari sensor ultrasonik luar untuk mendeteksi tangan atau sampah dan mengaktifkan servo motor untuk membuka serta menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Selain itu, sensor ultrasonik bagian dalam mampu mendeteksi kondisi penuh secara akurat dan mengirimkan notifikasi ke aplikasi *blynk* sebagai peringatan bagi pengelola.

Fitur umpan balik suara dan mekanisme anti-main sensor juga telah berjalan sesuai dengan perancangan pada Bab III, sehingga sistem tidak hanya bersifat otomatis tetapi juga edukatif dan aman digunakan di lingkungan sekolah dasar. Seluruh fungsi perangkat lunak yang diimplementasikan kemudian diuji melalui metode pengujian *black box* dan menunjukkan hasil yang sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

4.1.2 Pengujian *black box*

Pengujian sistem tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan dengan metode pengujian *black box*, yaitu pengujian untuk memastikan apakah sistem berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan pengguna. Implementasi *black box* dilakukan langsung oleh penulis dan diuji oleh Dosen STMIK Palangkaraya, Veny Cahya Hardita. Hasil dari pengujian sistem dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Pengujian *black box*

NO	SKENARIO PENGUJI	INPUT (KONDISI)	PROSES YANG DIHARAPKAN	OUTPUT YANG DI HARAPKAN	HASIL UJI
1.	Sensor luar mendeteksi tangan/sampah ≤ 5 cm	Objek didekatkan ke sensor luar	NodeMCU membaca jarak, memicu servo untuk membuka tutup dan DFPlayer memutar suara edukatif	Tutup terbuka, suara “Terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya” terdengar	Sukses
2.	Tidak ada objek di depan sensor	Tidak ada input dari sensor luar	Sistem dalam keadaan siaga	Tutup tetap tertutup, tidak ada suara	Sukses
3.	Tutup otomatis menutup kembali	3–5 detik setelah tutup terbuka	NodeMCU memberi sinyal servo untuk menutup dan *buzzer* berbunyi singkat	Tutup tertutup; *buzzer* berbunyi singkat	Sukses

4.	Sensor luar dipicu berulang >4x	Pengguna memainkan sensor >4x dalam 8 detik	Sistem menghitung aktivasi dan memicu peringatan	Suara “Tolong jangan mainkan sensor” terdengar notifikasi muncul di aplikasi	Sukses
5.	Wadah penuh terdeteksi (≤ 6 cm) & notifikasi dikirim ke *blynk*	Sampah menyentuh batas sensor dalam	NodeMCU mendeteksi penuh, memutar suara peringatan, serta mengirim event ke *blynk*	Suara “Tempat sampah penuh”; notifikasi *blynk* masuk	Sukses
6.	Pemutaran suara DFPlayer Mini	NodeMCU memberi perintah play	DFPlayer membaca file MP3 dari microSD	Suara sesuai file terdengar	Sukses

4.1.3 Pengujian kinerja sensor dan respon sistem

Pengujian kinerja sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam merespon input secara kuantitatif, meliputi akurasi deteksi jarak oleh sensor ultrasonik serta kecepatan respon sistem dalam mengaktifkan aktuator. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem tidak hanya berfungsi, tetapi juga bekerja secara optimal sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

a. Pengujian sensor ultrasonik luar (deteksi tangan/sampah)

Pengujian dilakukan dengan mendekatkan objek (tangan) ke sensor ultrasonik bagian luar pada beberapa variasi jarak untuk mengetahui batas maksimal deteksi dan respon sistem.

Tabel 4.3 Pengujian sensor ultrasonik luar

NO	Jarak(cm)	Status deteksi	Servo membuka	Waktu responden (detik)
1.	2 cm	Terdeteksi	Ya	±0,5 detik
2.	3 cm	Terdeteksi	Ya	±0,6 detik
3.	5 cm	Terdeteksi	Ya	±0,7 detik

4.	7 cm	Tidak	Tidak	-
5.	10 cm	Tidak	Tidak	-

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.3, sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi objek secara optimal pada jarak ≤ 5 cm. Pada jarak tersebut, sistem merespon dengan membuka tutup tempat sampah secara otomatis dengan waktu respon rata-rata ±0,5–0,7 detik. Hal ini terjadi karena gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh sensor dapat dipantulkan dengan baik oleh objek dalam jarak dekat, sehingga waktu tempuh gelombang dapat diukur secara akurat oleh mikrokontroler.

Sebaliknya, pada jarak di atas 5 cm, sensor tidak mendeteksi objek sehingga servo tidak aktif. Hal ini disebabkan oleh pengaturan batas deteksi pada sistem yang sengaja dibatasi untuk menghindari kesalahan deteksi akibat objek yang tidak relevan, seperti orang yang hanya lewat di depan tempat sampah. Dengan adanya pembatasan ini, sistem menjadi lebih selektif dan mampu mengurangi kesalahan pembacaan (*false trigger*), sehingga meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

Hasil ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara, di mana akurasi deteksi sangat dipengaruhi oleh jarak objek dan waktu pantulan gelombang (Ramadhan et al., 2023). Dengan demikian, konfigurasi jarak deteksi yang diterapkan dalam penelitian ini telah sesuai dengan teori dan tujuan perancangan sistem.

Pengukuran waktu respon dilakukan berdasarkan pengamatan langsung selama beberapa kali pengujian, sehingga nilai yang diperoleh merupakan estimasi rata-rata, bukan hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital khusus. Pengaturan waktu tersebut sesuai dengan implementasi pada program yang menggunakan fungsi *millis()*, sehingga waktu respon sistem tidak bersifat tetap, melainkan dapat diatur dan disesuaikan melalui kode program.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mendeteksi objek pada jarak optimal serta memiliki waktu respon yang cepat dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi parameter evaluasi berupa akurasi, waktu respon (*delay*), dan keberhasilan deteksi, sehingga layak digunakan dalam lingkungan sekolah dasar yang membutuhkan sistem yang responsif, praktis, dan andal.

b. Pengujian sensor ultrasonik dalam (deteksi kapasitas sampah – lateral)

Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kondisi volume sampah di dalam wadah untuk mengetahui akurasi sistem dalam mendeteksi kondisi penuh berdasarkan posisi lateral (menyamping).

Tabel 4.4 Pengujian sensor ultrasonik dalam

No	Jarak horizontal sampah terhadap sensor (cm)	Status deteksi	Notifikasi *blynk*	Keterangan
1.	10 cm	Tidak penuh	Tidak	Sampah belum mencapai area sensor
2.	8 cm	Tidak penuh	Tidak	Sampah belum mencapai area sensor

3.	6 cm	Penuh	Ya	Notifikasi terkirim
4.	5 cm	Penuh	Ya	Notifikasi terkirim

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.4, sensor ultrasonik bagian dalam yang dipasang secara lateral (menyamping) mampu mendeteksi kondisi penuh ketika jarak horizontal antara sensor dan permukaan sampah mencapai kurang dari atau sama dengan 6 cm. Pengukuran ini dilakukan berdasarkan jarak mendatar (*horizontal*), bukan tinggi sampah dari dasar wadah. Ketika sampah telah mencapai posisi sejajar dengan sensor, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi ke aplikasi *blynk* dan memutar suara peringatan.

Pada jarak di atas 6 cm, sistem masih menganggap kondisi belum penuh karena sampah belum mencapai area deteksi sensor. Penggunaan sensor secara lateral ini memberikan keunggulan dalam hal akurasi, karena deteksi tidak dipengaruhi oleh tumpukan sampah di bagian bawah, melainkan berdasarkan posisi aktual sampah terhadap sensor. Hal ini membuat sistem lebih representatif dalam mendeteksi kondisi penuh dibandingkan metode pengukuran vertikal.

Kondisi ini sesuai dengan logika sistem yang dirancang, di mana sistem akan mendeteksi kondisi penuh ketika jarak yang terbaca berada dalam rentang tertentu, yaitu antara 0 hingga 6 cm. Selain itu, sistem tidak langsung menetapkan status penuh, tetapi menggunakan jeda waktu sekitar 3 detik sebagai proses validasi. Hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan deteksi akibat perubahan sesaat atau pergerakan sampah yang tidak stabil.

Dengan mekanisme tersebut, sistem hanya mengirimkan notifikasi ketika kondisi penuh terdeteksi secara konsisten dalam rentang waktu tertentu. Hal ini

meningkatkan akurasi sistem serta mengurangi kemungkinan kesalahan pembacaan sensor. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keakuratan yang baik dalam mendeteksi kapasitas sampah serta mampu bekerja secara stabil dalam berbagai kondisi pengujian.

c. Pengujian waktu respon sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan sistem dalam merespon input dari sensor hingga menghasilkan output berupa pergerakan servo dan suara.

Tabel 4.5 Pengujian waktu respon sistem

NO	Proses sistem	Waktu (detik)
1.	Sensor mendeteksi objek → servo mulai membuka	±0,5 detik
2.	Servo terbuka penuh	±1,2 detik
3.	Delay sebelum penutupan	±3 detik
4.	Servo menutup kembali	±1 detik

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.5, sistem menunjukkan waktu respon yang cepat dan stabil. Waktu yang dibutuhkan sejak sensor mendeteksi objek hingga servo mulai bergerak adalah sekitar ±0,5 detik. Selain itu, sistem memberikan jeda penutupan selama ±3 detik (dengan rentang hasil pengujian 3–5 detik), sehingga memberikan kesempatan yang cukup bagi pengguna untuk membuang sampah dengan aman.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang baik dan responsif, sehingga layak digunakan dalam lingkungan sekolah dasar yang membutuhkan interaksi cepat, praktis, dan aman bagi pengguna. Selain itu,

kestabilan respon sistem menunjukkan bahwa integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator telah berjalan dengan baik.

Waktu respon tersebut sesuai dengan implementasi pada program yang menggunakan fungsi *millis*(), di mana nilai waktu diatur dalam satuan milidetik, seperti 5000 ms (±5 detik) untuk penutupan otomatis tutup tempat sampah dan 3000 ms (±3 detik) sebagai jeda validasi kondisi tertentu. Dengan penggunaan metode ini, sistem dapat berjalan secara stabil tanpa mengganggu proses pembacaan sensor secara terus-menerus. Pengaturan waktu ini juga menunjukkan bahwa sistem memiliki fleksibilitas karena nilai waktu dapat diubah langsung melalui parameter pada kode program.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black box untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan perancangan. Selain itu, pengujian kuantitatif dilakukan untuk mengukur kinerja sistem berdasarkan parameter jarak deteksi dan waktu respon.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan pada Bab I, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem tempat sampah pintar berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dilengkapi sensor ultrasonik, servo motor, umpan balik suara, serta notifikasi melalui aplikasi Blynk. Tujuan tersebut adalah menghasilkan sistem yang responsif, menarik, dan aman digunakan di lingkungan sekolah dasar serta memberikan manfaat sebagai media edukasi kebersihan dan sarana monitoring kondisi tempat sampah secara *real-time*.

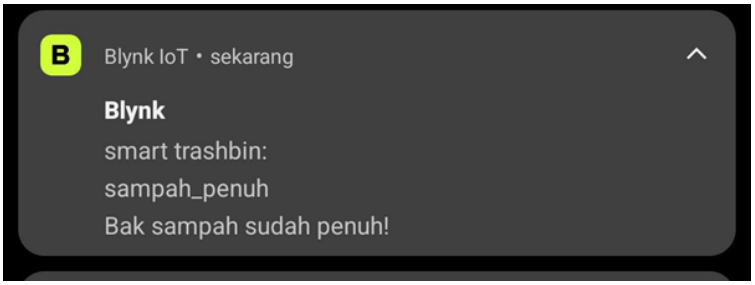
Berdasarkan hasil pengujian *black box* yang telah dilakukan, sistem *Smart Trash Bin* berbasis ESP8266 dapat disimpulkan berjalan sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan. Sensor ultrasonik luar mampu mendeteksi objek pada jarak ≤ 5 cm dan memicu servo untuk membuka tutup tempat sampah serta memutar suara edukatif melalui DFPlayer Mini. Ketika tidak terdapat objek di depan sensor, sistem berada dalam kondisi siaga tanpa menghasilkan suara atau pergerakan aktuator. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi deteksi yang baik serta mampu bekerja secara selektif dalam merespon objek yang relevan.

Mekanisme penutupan otomatis juga berfungsi dengan baik, di mana tutup tempat sampah akan kembali menutup setelah jeda waktu 3–5 detik dan disertai bunyi *buzzer* singkat sebagai penanda. Selain itu, sistem mampu mendeteksi penggunaan sensor secara berulang lebih dari empat kali dalam rentang waktu delapan detik dan secara otomatis memberikan peringatan suara sebagai bentuk pencegahan kesalahan pengoperasian atau penyalahgunaan sensor. Fitur ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya bersifat otomatis, tetapi juga memiliki kontrol logika yang mampu meningkatkan keamanan dan keandalan penggunaan.

Pada pengujian kapasitas, sensor ultrasonik bagian dalam berhasil mendeteksi kondisi wadah yang telah penuh. Ketika kondisi tersebut tercapai, sistem secara otomatis memutar suara peringatan dan mengirimkan notifikasi ke aplikasi *Blynk* sebagai informasi kepada pengguna bahwa tempat sampah perlu segera dikosongkan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan

monitoring yang efektif serta mampu memberikan informasi secara *real-time* kepada pengguna.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang baik dengan waktu respon yang cepat, tingkat akurasi deteksi yang tinggi, serta kestabilan dalam menjalankan fungsi secara berulang tanpa mengalami gangguan signifikan. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga efektif sebagai media edukasi dan solusi pengelolaan sampah yang lebih modern dibandingkan dengan metode konvensional.



Gambar 4.11 Tampilan notifikasi kondisi tempat sampah penuh pada aplikasi *blynk*



Gambar 4.12 Tampilan kontrol *bylnk*

Aplikasi *blynk* pada penelitian ini difungsikan sebagai media monitoring dan notifikasi, bukan sebagai pengendali utama mekanisme buka–tutup tempat sampah. Seluruh proses pengendalian aktuator dilakukan secara otomatis oleh sistem berbasis sensor. Pembatasan fungsi kontrol melalui *blynk* ini merupakan keputusan perancangan untuk meningkatkan keamanan dan keandalan sistem, khususnya dalam menghindari kesalahan pengoperasian. Dengan demikian, seluruh skenario pengujian yang dilakukan menunjukkan hasil yang sesuai dengan tujuan dan perancangan sistem yang telah ditetapkan, serta mampu menjawab rumusan masalah dan memberikan manfaat sebagai media edukasi kebersihan dan sistem monitoring tempat sampah secara real-time di lingkungan sekolah dasar.

Meskipun sistem telah berjalan dengan baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Sistem notifikasi berbasis IoT sangat bergantung pada koneksi internet, sehingga tidak dapat berjalan secara optimal ketika jaringan tidak tersedia. Selain itu, sensor ultrasonik memiliki keterbatasan dalam kondisi tertentu, seperti adanya gangguan pantulan atau objek dengan permukaan tidak rata yang dapat mempengaruhi akurasi pembacaan. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan keandalan sistem dalam berbagai kondisi lingkungan.

4.2.1 Implementasi dan uji coba alat di lingkungan sekolah

Berdasarkan hasil uji coba di lingkungan sekolah, sistem *Smart Trash Bin* menunjukkan aspek “menarik” karena mampu menarik perhatian siswa melalui mekanisme buka-tutup otomatis serta umpan balik suara yang interaktif. Hal ini terlihat dari antusiasme siswa saat menggunakan alat dan keinginan untuk

mencoba secara bergantian. Selain itu, aspek “aman” juga telah terpenuhi, di mana sistem dirancang dengan jeda waktu penutupan servo serta tidak memerlukan sentuhan langsung, sehingga meminimalkan risiko jepitan atau kontak langsung dengan sampah. Penempatan komponen elektronik di bagian luar wadah dengan pelindung juga meningkatkan keamanan penggunaan di lingkungan sekolah dasar.

Di lain pihak pengujian teknis menggunakan metode *Black box*, sistem *Smart Trash Bin* juga diuji secara langsung di lingkungan sekolah untuk mengetahui respon pengguna terhadap alat yang dikembangkan. Uji coba dilakukan di SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya pada tanggal 3 Maret 2026 pukul 07.30 WIB, dengan melibatkan siswa kelas II A sebagai pengguna utama.

Sebelum proses uji coba dimulai, peneliti terlebih dahulu memberikan penjelasan kepada siswa dan guru mengenai cara kerja alat *Smart Trash Bin* yang telah dibuat. Penjelasan tersebut meliputi cara mendekatkan tangan atau sampah ke sensor ultrasonik agar tutup tempat sampah dapat terbuka secara otomatis, serta penjelasan mengenai suara edukatif yang dihasilkan oleh sistem melalui speaker.



Gambar 4.13 Foto peneliti menjelaskan cara penggunaan alat

Setelah penjelasan diberikan, siswa dipersilakan untuk mencoba menggunakan alat secara bergantian. Pada saat siswa mendekatkan tangan atau sampah ke sensor, tutup tempat sampah terbuka secara otomatis dan sistem memutar suara edukatif yang telah diprogram sebelumnya.



Gambar 4.14 Foto Siswa mencoba menggunakan *smart trash bin*

Gambar 4.8 menunjukkan siswa kelas II A SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya saat mencoba menggunakan alat *Smart Trash Bin*. Siswa mendekatkan tangan atau sampah ke sensor ultrasonik sehingga tutup tempat sampah terbuka secara otomatis dan memutar suara edukatif.

Berdasarkan pengamatan selama kegiatan uji coba berlangsung, siswa terlihat antusias dan tertarik untuk mencoba alat tersebut. Mekanisme buka tutup otomatis serta suara yang dihasilkan membuat siswa lebih tertarik untuk membuang sampah pada tempatnya.

4.2.2 Hasil kuesioner penilaian guru

Selain melakukan observasi terhadap siswa, peneliti juga melakukan pengumpulan data melalui kuesioner yang diberikan kepada guru di SD Negeri 2

Menteng Palangka Raya untuk mengetahui penilaian terhadap alat yang dikembangkan. Pengisian kuesioner dilakukan satu minggu setelah kegiatan uji coba alat di sekolah, sehingga para guru telah memiliki gambaran mengenai fungsi dan manfaat dari alat *Smart Trash Bin* yang telah diperkenalkan sebelumnya.



Gambar 4.15 Tampilan kuesioner

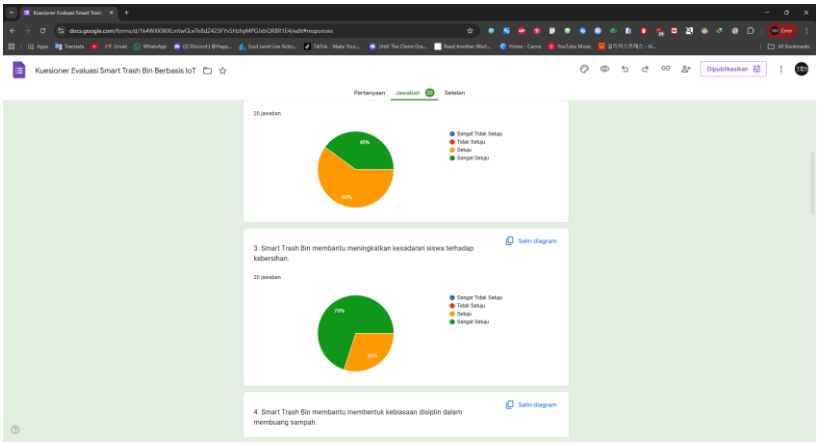
Kuesioner tersebut terdiri dari 10 pernyataan yang berkaitan dengan kemudahan penggunaan alat, manfaat alat dalam meningkatkan kesadaran kebersihan siswa, serta potensi alat sebagai media edukasi kebersihan di lingkungan sekolah dasar.

Tabel 4.6 Hasil kuesioner

No	Pertanyaan	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak setuju	Jumlah Responden
1.	*Smart Trash Bin* mudah digunakan oleh siswa	11	9	0	0	20
2.	Siswa dapat menggunakan *Smart Trash Bin* secara mandiri	10	10	0	0	20
3.	*Smart Trash Bin* membantu meningkatkan kesadaran siswa untuk membuang sampah	14	6	0	0	20

4.	*Smart Trash Bin* membantu membentuk kebiasaan membuang sampah pada tempatnya	13	7	0	0	20
5.	*Smart Trash Bin* bermanfaat dalam mendukung kebersihan lingkungan sekolah	15	5	0	0	20
6.	Penggunaan *Smart Trash Bin* memberikan nilai tambah sebagai media edukasi	12	8	0	0	20
7.	*Smart Trash Bin* membantu mengurangi kebiasaan membuang sampah sembarangan	11	9	0	0	20
8.	Peringatan suara pada *Smart Trash Bin* membantu mengingatkan siswa	13	7	0	0	20
9.	Pemberitahuan saat tempat sampah penuh membantu guru mengambil tindakan	14	6	0	0	20
10.	Secara keseluruhan *Smart Trash Bin* layak diterapkan di sekolah	12	7	0	1	20

Berdasarkan Tabel 4.6, hasil kuesioner yang diperoleh dari 20 responden dianalisis menggunakan metode skala Likert sesuai dengan Persamaan (2). Total skor yang diperoleh adalah 723 dari skor maksimum sebesar 800, sehingga diperoleh persentase sebesar 90,4 persen**.** Hasil tersebut termasuk dalam kategori sangat baik**,** yang menunjukkan bahwa sistem Smart Trash Bin memiliki tingkat penerimaan yang tinggi oleh pengguna, khususnya guru sebagai pengelola kebersihan di lingkungan sekolah.



Gambar 4.16 Tampilan grafik kuesioner

4.2.3 Pembahasan hasil kuesioner

Berdasarkan Gambar 4.10, dapat dianalisis bahwa hasil kuesioner yang diperoleh dari 20 responden guru menunjukkan mayoritas responden memberikan penilaian setuju dan sangat setuju terhadap *Smart Trash Bin.* Responden merupakan guru di SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya yang telah melihat secara langsung penggunaan alat pada saat proses pembelajaran di kelas II A secara bergantian.

Diagram tersebut menggambarkan bahwa sebagian besar responden memberikan penilaian positif terhadap kemudahan penggunaan alat, manfaat *Smart Trash Bin* dalam meningkatkan kesadaran kebersihan siswa, serta kelayakan alat sebagai media edukasi kebersihan di lingkungan sekolah.

Hal ini menunjukkan bahwa alat dinilai mudah digunakan oleh siswa, bermanfaat dalam meningkatkan kesadaran kebersihan, serta memberikan nilai tambah dibandingkan dengan tempat sampah konvensional. Secara keseluruhan, hasil kuesioner menunjukkan bahwa *Smart Trash Bin* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan layak untuk diterapkan di lingkungan sekolah dasar

sebagai media edukasi kebersihan bagi siswa.

Temuan ini juga memperkuat kesimpulan bahwa sistem yang dirancang tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga efektif dalam mendukung perubahan perilaku siswa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, implementasi, serta pengujian sistem yang telah dilakukan terhadap prototype *Smart Trash Bin* berbasis *Internet of Things (IoT)*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

a. Sistem *Smart Trash Bin* berbasis *Internet of Things (IoT)* berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan dua sensor ultrasonik, servo motor, modul DFPlayer Mini, buzzer, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh.
b. Sensor ultrasonik luar mampu mendeteksi objek secara optimal pada jarak ≤ 5 cm dengan waktu respon rata-rata sekitar ±0,5–0,7 detik, sehingga sistem dapat membuka tutup tempat sampah secara otomatis dengan cepat dan stabil.
c. Sensor ultrasonik bagian dalam mampu mendeteksi kondisi tempat sampah penuh pada jarak ≤ 6 cm, serta secara otomatis memutar suara peringatan dan mengirimkan notifikasi ke aplikasi Blynk secara *real-time*, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi tempat sampah.
d. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *black box*, seluruh fungsi sistem seperti pendeteksian objek, pembukaan dan penutupan tutup tempat sampah, pemutaran suara edukatif, serta pengiriman notifikasi ke aplikasi Blynk menunjukkan tingkat keberhasilan yang baik dan berjalan sesuai dengan perancangan sistem.

e. Sistem menunjukkan performa yang stabil dengan waktu siklus buka–tutup sekitar ±4–6 detik dan mampu bekerja secara konsisten tanpa mengalami gangguan signifikan selama pengujian.
f. Hasil implementasi dan uji coba di lingkungan SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya menunjukkan bahwa *Smart Trash Bin* mampu menarik perhatian siswa serta membantu meningkatkan kesadaran dalam membuang sampah pada tempatnya.
g. Berdasarkan hasil kuesioner yang diberikan kepada 20 responden guru, diperoleh persentase penilaian sebesar 90,4 persen yang termasuk dalam kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan, bermanfaat, serta layak diterapkan sebagai media edukasi kebersihan di lingkungan sekolah dasar.

5.2 Saran-saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

a. Pengembangan selanjutnya dapat menambahkan teknologi *Artificial Intelligence (AI)* untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis sampah secara otomatis, seperti sampah organik dan anorganik.
b. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sumber energi alternatif seperti *solar panel* agar perangkat dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada sumber listrik konvensional.

c. Pengembangan aplikasi monitoring dapat ditingkatkan dengan membuat aplikasi mobile khusus (*custom mobile application)* yang memiliki fitur lebih lengkap, seperti grafik kapasitas sampah, riwayat penggunaan, dan notifikasi yang lebih interaktif.
d. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor tambahan atau teknologi pengukuran yang lebih akurat untuk meningkatkan ketepatan dalam mendeteksi kapasitas tempat sampah.
e. Perangkat keras dapat dikembangkan menggunakan desain casing yang lebih kuat dan tahan terhadap kondisi lingkungan luar agar alat dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

Granić, A. 2022. *Educational Technology Adoption : A systematic review*. (April), 9725–9744.

Hilmansyah, R. 2024. *Perancangan Rangkaian Smart Trash Bin*.

Khoirunnisa, I., Uli Panjaitan, P., Aisyah Ananta, T., Sahwitri Agustin, V., Seven Panjaitan, M., Sofwan, M., & Author, C. 2025. Journal iof iInnovative iand iCreativity Journal iHomepage: ihttps://joecy.org/index.php/joecy Peran Media Pembelajaran Interaktif Dalam Meningkatkan Minat Belajar Peserta Didik Sekolah Dasar Pendidkan Guru Sekolah Dasar, FKIP Universitas Jambi. In *Journal of Innovative and Creativity* (Vol. 5, Nomor 2). https://joecy.org/index.php/joecy

Maulida, A., Choirunnisa Safa Fayzalmi, Faiz Ata Choirul Anaam, Dikhi Ardiansyah, Muhamad Ariel Gunawan, & Nur Ridwan. 2025. Design of IoT-Based Smart Trash Bin Monitoring Using ESP32 and Firebase. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, *4*(2), 420–428. https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i2.420

Nurfauziah Sadikin, D., Aribah Athiyyah, L., Dwi Purnomo, W., Lavieola Restyalino, I., Alpian, Y., Pendidikan Guru Sekolah Dasar, P., & Buana Perjuangan Karawang, U. 2024. *Analisis perilaku Peduli Lingkungan pada Siswa Sekolah Dasar*.

Nurjannah, N., Muchtar, M., Sarimuddin, S., Sya'ban, K., Karim, R., & Al Jum'ah, M. N. 2024. PERANCANGAN SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY BERBASIS ARDUINO DI SDN 5 MAWASANGKA, BUTON TENGAH. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, *12*(3). https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4358

Pratiwi, C. Y., Christanto, A. S. U., & Palupi, R. 2025. Efisiensi Penggunaan Internet of Thing (IoT) dan Dampak Sistem dalam Rumah Pintar. *Jurnal Solo Teknologi*, *1*(2), 45–49.

Rafiq, A. A., Triyono, M. B., Djatmiko, I. W., & Anggraeni, P. 2024. *Engineering Education ' s Potential for Virtual Reality Research and Development from 2012-2022 : A Bibliometric Study*. *13*(1), 317–332. https://doi.org/10.5530/jscires.13.1.26

Ramadhan, R. A., Kakke, G. R., Fajar, I. N., & Prayogi, S. 2023. Smart Trash Bin Berbasis Internet Of Things Menggunakan Suplai dari Panel Surya. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *7*(3), 1149–1158. https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2777

Yanuar, A. T., Utomo, C., Kusumastuti, R., Duta Bangsa, U., & Bhayangkara, J. 2024. *Implementasi Tempat Sampah Pintar Berbasis Sensor Jarak dan Notifikasi Otomatis untuk Optimalisasi Pengelolaan Sampah*.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Pembimbing Tugas Akhir

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangka Raya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING TUGAS AKHIR
NO. 227/STMIK-3.C.2/AU/IX/2025

Ketua Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya menugaskan nama-nama tersebut di bawah ini :

1. Nama : Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom
   NIK : 198505102021101
   Sebagai Pembimbing I dalam **PEMBUATAN PROGRAM**
2. Nama : Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom., M.Cs
   NIK : 197502232009002
   Sebagai Pembimbing II dalam **PENULISAN TUGAS AKHIR**

Untuk membimbing Tugas Akhir mahasiswa :

Nama	:	Muhammad k jamil
NIM	:	C2255201038
Program Studi	:	TEKNIK INFORMATIKA (55201)
Tanggal Daftar	:	18/09/2025
Judul Tugas Akhir	:	IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI BLYNK

Demikian surat ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya, dan dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Palangka Raya, 27 September 2025

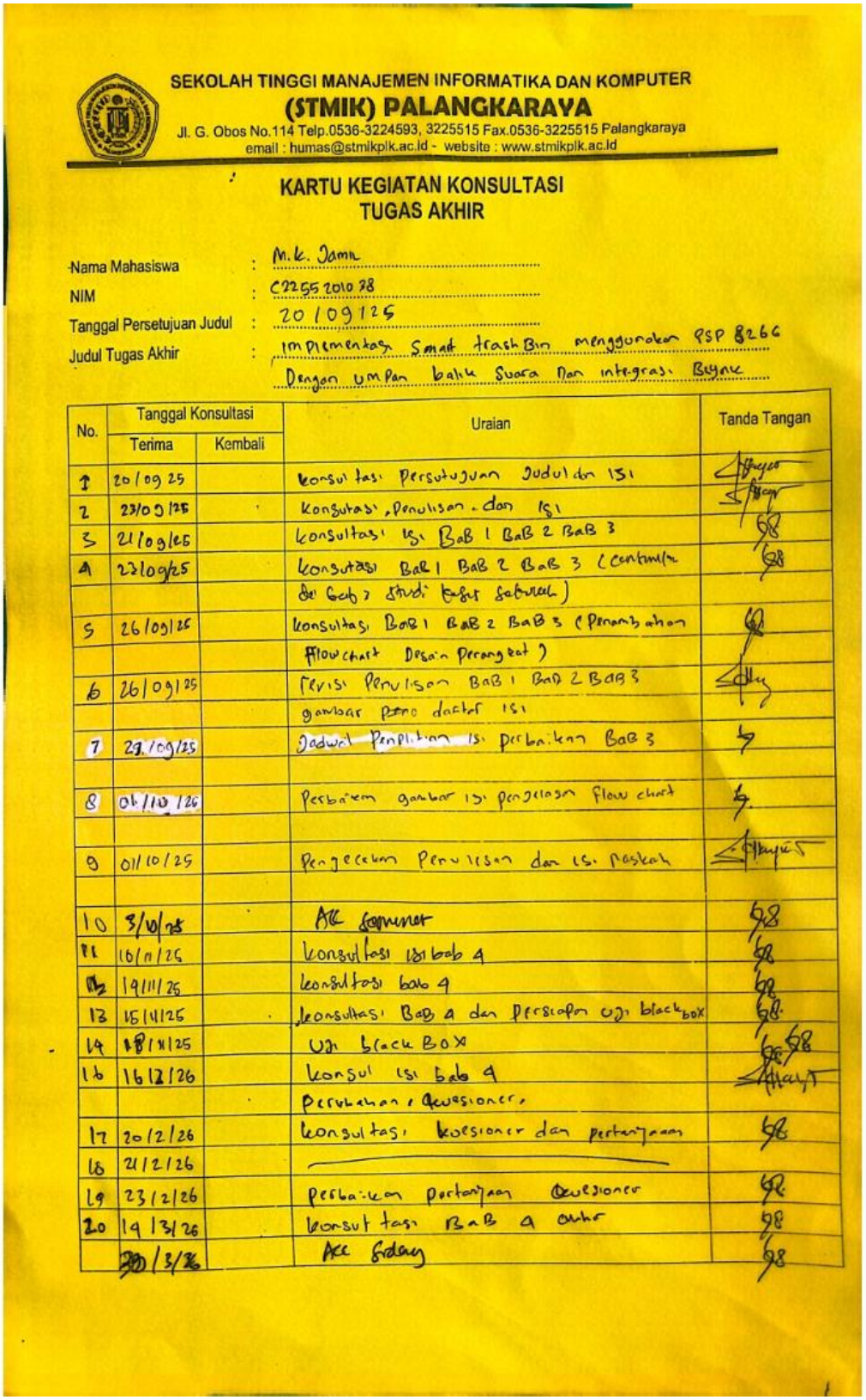
Ketua Program Studi,

27 September

Ir. ABDUL HADI, S.T., M.Kom
NIK. 198505102021101

TEMBUSAN :
1. Pembimbing I dan II
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip Prodi TI

Lampiran 2. Lembar konsultasi bimbingan Tugas Akhir



SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangkaraya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

KARTU KEGIATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : M. K. Jamr
NIM : C2255201038
Tanggal Persetujuan Judul : 20/09/25
Judul Tugas Akhir : Implementasi Smart trash Bin menggunakan PSP 8266 Dengan umpan balik Suara dan integrasi Blynk

No.	Tanggal Konsultasi		Uraian	Tanda Tangan
	Terima	Kembali		
1	20/09/25		konsultasi persetujuan Judul dan ISI	
2	23/09/25		Konsultasi, Penulisan dan ISI	
3	21/09/25		Konsultasi ISI BaB 1 BaB 2 BaB 3	
4	22/09/25		Konsultasi BaB 1 BaB 2 BaB 3 (contoh/a dr Gab 2 studi kasus sebelah)	
5	26/09/25		konsultasi BaB 1 BaB 2 BaB 3 (Penambahan flowchart Desain Perangkat)	
6	26/09/25		Revisi Penulisan BaB 1 BaB 2 BaB 3 gambar Blok daftar ISI	
7	29/09/25		Jadwal Penelitian ISI perbaikan BaB 3	
8	06/10/26		Perbaikan gambar ISI penjelasan flow chart	
9	01/10/25		Pengecekan Penulisan dan ISI naskah	
10	3/10/25		ACC seminar	
11	10/11/25		konsultasi ISI bab 4	
12	19/11/25		konsultasi bab 4	
13	15/11/25		konsultasi BaB 4 dan persiapan uji black box	
14	18/12/25		Uji black BOX	
15	16/12/26		konsul ISI bab 4 Perubahan, Quesioner,	
17	20/12/26		konsultasi kuesioner dan pertanyaan	
18	21/12/26			
19	23/12/26		perbaikan pertanyaan Quesioner	
20	19/3/26		konsultasi BaB 4 akhir	
	20/3/26		ACC Sidang	

No.	Tanggal Konsultasi		Uraian	Tanda Tangan
	Terima	Kembali		
22	17/3/26		konsultasi Penulisan dan isi bab 4	
23	17/3/26		perbaikan Penulisan Judul dan isi ringkasan di	
24	29/3/26		konsultasi bab 5 dan perbaikan 8	
25	31/3/26		konsultasi Penulisan bab 5 dan Judul dll	
26	7/4/26		Acc sidang (Revisi tulisan & tata letak	

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,

Abdul Hasi

Dosen Pembimbing II,

Maura CU

Lampiran 3 Surat Tugas Penguji Seminar Proposal Tugas Akhir

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangka Raya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

SURAT TUGAS
PENGUJI SEMINAR PROPOSAL TUGAS AKHIR

247/STMIK-3.C.2/AU/X/2025

Ketua Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya menugaskan kepada nama-nama berikut :

1. Nama : Elia Zakharia, M.T.
   NIK : 199205262016104
   Sebagai Ketua
2. Nama : Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom
   NIK : 198505102021101
   Sebagai Sekretaris
3. Nama : Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom., M.Cs
   NIK : 197502232009002
   Sebagai Anggota

Untuk menguji seminar proposal tugas akhir mahasiswa :

Nama Mahasiswa	:	Muhammad K Jamil
N I M	:	C2255201038
Hari / Tanggal Ujian	:	Kamis, 09 Oktober 2025
Waktu	:	13.00 WIB
Ruangan	:	Seminar 1
Judul TA	:	IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI BLYNK

Demikian surat ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya dan dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Palangka Raya, 4 Oktober 2025

Ketua Program Studi Teknik Informatika,

4 Oktober 2025

Ir. ABDUL HADI, S.T., M.Kom
NIK. 198505102021101

Tembusan :
1. Dosen Penguji
2. Mahasiswa yang Bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 4. Berita Acara Seminar Proposal Tugas Akhir

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangka Raya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

BERITA ACARA
SEMINAR PROPOSAL TUGAS AKHIR

Periode : Oktober 2025

Pada hari ini Kamis, 09 Oktober 2025 Pukul 13.00 WIB sampai dengan ..... WIB telah dilaksanakan Seminar Proposal Tugas Akhir mahasiswa atas nama :

Nama Mahasiswa	:	muhammad k jamil
N I M	:	C2255201038
Program Studi	:	Teknik Informatika
Tahun Angkatan	:	2022
Judul TA	:	IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI BLYNK

Dosen Penguji :

	Nama		Nilai	Tanda Tangan
1.	Elia Zakharia, M.T	=	.....	(.....)
2.	Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom	=	.....	(.....)
3.	Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom., M.Cs	=	.....	(.....)

Hasil Ujian : **LULUS** / ~~**TIDAK LULUS**~~ *) NILAI = 81

Revisi (~~Tidak~~ Ada / Minor / ~~Mayor~~ *)

Catatan Penting :
1. Lama Perbaikan : 14 hari (Maks. 15 hari)
2. Jika lebih dari 1 (satu) bulan dikenakan denda Rp. 300.000,- (Tiga Ratus ribu rupiah) per bulan dari tanggal ujian.
3. Jika lebih dari 3 (tiga) bulan dari tanggal ujian maka hasil ujian dibatalkan dan wajib mengajukan judul dan pembimbing baru. Wajib membayar Denda dan membayar biaya seminar ulang.

Palangka Raya, 09 Oktober 2025

Ketua Penguji,

Elia Zakharia, M.T
NIK. 199205262016104

Mahasiswa,

muhammad k jamil
NIM. C2255201038

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknik Informatika,

Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom
NIK. 198505102021101

Tembusan:
Mahasiswa yang bersangkutan.
Berita acara ini diberikan setelah menyelesaikan semua revisi dari semua penguji
**) Coret yang tidak perlu*

Lampiran 5. Lembaran berita Acara Pengujian Black Box

LEMBARAN BERITA ACARA PENGUJIAN BLACK BOX

Pada hari Selasa, tanggal 18 November 2025 telah dilakukan pengujian uji coba *Black Box Testing* dalam penyusunan Tugas Akhir :

Nama : MUHAMMAD KHAIRAN JAMIL

NIM : C2255201038

Jurusan : Teknik Informatika

Judul Tugas Akhir : **"Implementasi Smart Trash Bin Menggunakan Esp8266 Dengan Umpan Balik Suara Dan Integrasi Blynk"**

Keterangan :

(*) Diisi (✓) pada pilihan yang **Sesuai** (jika sesuai) atau **Tidak Sesuai** (jika tidak sesuai) dengan hasil pengujian yang ada

NO	SKENARIO PENGUJI	INPUT (KONDISI)	PROSES YANG DIHARAPKAN	OUTPUT YANG DI HARAPKAN	HASIL PENGUJIAN
1.	Sensor luar mendeteksi tangan/sampah ≤ 5 cm	Objek didekatkan ke sensor luar	NodeMCU membaca jarak, memicu servo untuk membuka tutup dan DFPlayer memutar suara edukatif	Tutup terbuka, suara "Terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya" terdengar.	[✓] Sesuai [ ] Tidak sesuai
2.	Tidak ada objek di depan sensor	Tidak ada input dari sensor luar	Sistem dalam keadaan siaga	Tutup tetap tertutup, tidak ada suara	[✓] Sesuai [ ] Tidak sesuai
3.	Tutup otomatis menutup kembali	3–5 detik setelah tutup terbuka	NodeMCU memberi sinyal servo untuk menutup dan buzzer berbunyi singkat	Tutup tertutup; buzzer berbunyi singkat	[✓] Sesuai [ ] Tidak sesuai
4.	Sensor luar dipicu berulang >4x	Pengguna memainkan sensor >4x dalam 8 detik	Sistem menghitung aktivasi dan memicu peringatan	Suara "Tolong jangan mainkan sensor" terdengar	[✓] Sesuai [ ] Tidak sesuai

5.	Wadah penuh terdeteksi (≤ 6 cm) & notifikasi dikirim ke Blynk	Sampah menyentuh batas sensor dalam	NodeMCU mendeteksi penuh, memutar suara peringatan, serta mengirim event ke Blynk	Suara "Tempat sampah penuh"; notifikasi Blynk masuk	[✓] Sesuai [ ] Tidak sesuai
6.	Pemutaran suara DFPlayer Mini	NodeMCU memberi perintah play	DFPlayer membaca file MP3 dari microSD	Suara sesuai file terdengar	[✓] Sesuai [ ] Tidak sesuai

Demikian berita acara pengujian *Black Box Testing* ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagai persyaratan ujian Tugas Akhir.

Palangka Raya, 18 November 2025

Yang Menguji,

Veny Cahya Hardita, M.Kom
NIK. 199504302020002

Mahasiswa Yang Diuji,

Muhammad Khairan Jamil
NIM. C2255201038

Lampiran 6. Dokumentasi Uji Coba *Black Box*







Lampiran 7. Surat Permohonan Ijin Penelitian

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangkaraya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

Nomor : 104/STMIK-C.2/AK/II/2026
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian dan Pengumpulan Data untuk Tugas Akhir

Kepada
Yth. **Kepala SDN 2 MENTENG**

Alamat Jalan Raya Galaxi No.219
PALANGKA RAYA

Dengan hormat,

Sehubungan dengan penyusunan Tugas Akhir mahasiswa sebagai persyaratan kelulusan Program Studi Teknik Informatika (S1) pada STMIK Palangkaraya, maka dengan ini kami sampaikan permohonan izin penelitian dan pengumpulan data bagi mahasiswa kami berikut:

Nama	:	MUHAMMAD KHAIRAN JAMIL
NIM	:	C2255201038
Prodi (Jenjang)	:	Teknik Informatika (S1)
Thn. Akad. (Semester)	:	2025/2026 (8)
Lama Penelitian	:	24 Februari 2026 s.d 24 Maret 2026
Tempat Penelitian	:	SEKOLAH DASAR NEGERI 2 MENTENG

Dengan judul Tugas Akhir:

IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI BLYNK

Adapun ketentuan dan aturan pemberian informasi dan data yang diperlukan dalam penelitian tersebut menyesuaikan dengan ketentuan/peraturan pada instansi Bapak/Ibu.

Demikian permohonan ini disampaikan, atas perhatian dan kerja samanya diucapkan terima kasih.

Palangka Raya, 24 Februari 2026
Ketua,

Ir. Hj. Siti Maryamah, MM.
NIK. 196902021995004

Lampiran 8. Dokumentasi Uji Coba di SDN 2 Mentang







Lampiran 9 Kode Program *Trast Bin*

arduino

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6cRfg0-tT"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "smart trashbin"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "01BZJ93swE2RnVrntiSZLJzjIRp9esFr"

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DFRobotDFPlayerMini.h>
#include <Servo.h>

// === PIN SETUP ===
#define TRIG_LUAR D1
#define ECHO_LUAR D2

#define TRIG_DALAM D5
#define ECHO_DALAM D6  // gunakan pembagi tegangan

#define SERVO_PIN D0
#define BUZZER_PIN D3
#define DF_RX D7
#define DF_TX D4

// === OBJEK ===
SoftwareSerial myDFSerial(DF_RX, DF_TX);
DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
Servo servo;

// === VARIABEL GLOBAL ===
unsigned long lastAction = 0;
bool tutupTerbuka = false;
bool statusPenuh = false;

unsigned long mulaiTerdeteksi = 0;
unsigned long lastNotif = 0;
unsigned long lastPlay = 0;
unsigned long lastPrintDalam = 0;

int mainCount = 0;
bool laguSedangMain = false;

// === WIFI & BLYNK ===
char ssid[] = "WaliSongo";
char pass[] = "7@3CP4R4YCITY";
char auth[] = "01BZJ93swE2RnVrntiSZLJzjIRp9esFr";

// === BACA SENSOR ===
long bacaSensor(int trig, int echo) {
  digitalWrite(trig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig, HIGH);
```

```
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, LOW);

  long durasi = pulseIn(echo, HIGH, 30000);
  yield();
  return durasi * 0.034 / 2;
}

long bacaSensorDalam(int trig, int echo) {
  long total = 0;
  int valid = 0;

  for (int i = 0; i < 3; i++) {
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trig, LOW);

    long durasi = pulseIn(echo, HIGH, 50000);
    long jarak = durasi * 0.034 / 2;

    if (jarak > 0 && jarak < 100) {
      total += jarak;
      valid++;
    }
    delay(10);
  }

  if (valid > 0) return total / valid;
  return 999;
}

// === BUZZER ===
void buzzerBeep(int t) {
  digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
  delay(t);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
  delay(10);
  yield();
}

// === DFPLAYER ===
void playSuara(int track) {
  myDFPlayer.play(track);
  Serial.print("▶ Putar suara ");
  Serial.println(track);
}

// === BLYNK WRITE ===
BLYNK_WRITE(V2) {
  int val = param.asInt();
  if (val > 0) {
    servo.write(180);
```

```
    buzzerBeep(100);
    tutupTerbuka = true;
    lastAction = millis();
  }
}

BLYNK_WRITE(V3) {
  int val = param.asInt();
  if (val > 0) {
    servo.write(0);
    buzzerBeep(150);
    tutupTerbuka = false;
  }
}

BLYNK_WRITE(V1) {
  int val = param.asInt();

  if (val > 0) {
    if (!laguSedangMain) {
      playSuara(4);
      laguSedangMain = true;
    } else {
      myDFPlayer.stop();
      laguSedangMain = false;
    }
  }
}

// === SETUP ===
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  myDFSerial.begin(9600);

  servo.attach(SERVO_PIN);
  servo.write(0);

  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);

  pinMode(TRIG_LUAR, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_LUAR, INPUT);

  pinMode(TRIG_DALAM, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_DALAM, INPUT);

  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  if (!myDFPlayer.begin(myDFSerial)) {
    Serial.println("❌ DFPlayer gagal koneksi!");
  } else {
    Serial.println("✅ DFPlayer siap!");
    myDFPlayer.volume(30);
  }

```

```
  randomSeed(analogRead(A0));
}

// === LOOP (FIX TANPA DELAY 200) ===
void loop() {
  Blynk.run();

  static unsigned long lastRead = 0;

  if (millis() - lastRead > 200) {
    lastRead = millis();

    long jarakLuar = bacaSensor(TRIG_LUAR, ECHO_LUAR);
    long jarakDalam = bacaSensorDalam(TRIG_DALAM, ECHO_DALAM);

    // === DETEKSI PENUH ===
    if (jarakDalam > 0 && jarakDalam <= 6) {
      if (mulaiTerdeteksi == 0) mulaiTerdeteksi = millis();

      if (!statusPenuh && millis() - mulaiTerdeteksi >= 3000) {
        statusPenuh = true;
        playSuara(2);
        buzzerBeep(200);

        if (millis() - lastNotif > 60000) {
          Blynk.logEvent("sampah_penuh", "Bak sampah sudah penuh!");
          lastNotif = millis();
        }
      }
    } else {
      mulaiTerdeteksi = 0;
      statusPenuh = false;
    }

    // === BUKA OTOMATIS ===
    if (jarakLuar > 0 && jarakLuar <= 5 && !tutupTerbuka) {
      servo.write(180);
      tutupTerbuka = true;

      unsigned long now = millis();
      if (now - lastPlay < 8000) mainCount++;
      else mainCount = 1;
      lastPlay = now;

      if (mainCount >= 4) {
        playSuara(3);
        mainCount = 0;
      } else {
        int suara = random(1, 9);
        while (suara == 2 || suara == 3 || suara == 4)
          suara = random(1, 9);
        playSuara(suara);
      }

```

```
      lastAction = millis();
    }

    // === TUTUP OTOMATIS ===
    if (tutupTerbuka && millis() - lastAction > 5000) {
      servo.write(0);
      buzzerBeep(150);
      tutupTerbuka = false;
    }
  }
}
```

Lampiran 10 Tampilan Grafik Kuesioner

















Lampiran 11. Surat Tugas Penguji Tugas Akhir

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangka Raya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

SURAT TUGAS PENGUJI TUGAS AKHIR

452/STMIK-3.C.2/AU/IV/2026

Ketua Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) Palangkaraya menugaskan kepada nama- nama berikut :

1. Nama : Amaya Andri Damaini, S.Kom., M.T.
   NIK : 199309042018001
   Sebagai Ketua
2. Nama : Norhayati, M.Pd
   NIK : 198805222011004
   Sebagai Sekretaris
3. Nama : Elia Zakharia, M.T
   NIK : 199205262016104
   Sebagai Anggota
4. Nama : Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom
   NIK : 198505102021101
   Sebagai Anggota
5. Nama : Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom., M.Cs
   NIK : 197502232009002
   Sebagai Anggota

Untuk menguji Tugas Akhir mahasiswa :

Nama Mahasiswa	:	Muhammad Khairan Jamil
N I M	:	C2255201038
Hari / Tanggal Ujian	:	Rabu, 22 April 2026
Waktu	:	13.00 WIB
Judul TA	:	IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI BLYNK
Ruang	:	Sidang 1

Demikian surat ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya dan dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Palangka Raya, 9 April 2026

Ketua Program Studi Teknik Informatika,

April 2026

Ir. ABDUL HADI, S.T., M.Kom
NIK. 198505102021101

Tembusan :
1. Dosen Penguji
2. Mahasiswa yang Bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 12. Dokumentasi Lingkungan SDN 2 Menteng Palangka Raya











Lampiran 13. Dokumentasi Saat Wawancara Dengan Guru SDN 2 Menteng











Lampiran 14. Dokumentasi Wawancara Dengan Narasumber Wali Kelas



Lampiran 15. Laporan Hasil Wawancara

LAPORAN HASIL WAWANCARA

Sebagai salah satu syarat untuk memenuhi Tugas Akhir di STMIK Palangkaraya. Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD KHAIRAN JAMIL

NIM : C2255201038

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Tugas Akhir : Implementasi *Smart Trash Bin* Menggunakan Esp8266 Dengan Umpan Balik Suara Dan Integrasi *Blynk*

Dengan ini menyatakan bahwa telah melakukan wawancara secara langsung pada:

Hari, Tanggal : Selasa, 3 Maret 2026
Waktu : 9:00
Tempat : SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya
Narasumber : (Nama Guru)
Jabatan : Guru/Wali Kelas
Pokok Wawancara:

Berikut merupakan ringkasan hasil wawancara:

1. Bagaimana kebiasaan siswa dalam membuang sampah di lingkungan sekolah?

   Jawaban: Sebagian siswa sudah mulai terbiasa membuang sampah pada tempatnya, namun masih terdapat beberapa siswa yang kurang disiplin dan terkadang membuang sampah sembarangan. Biasanya siswa perlu diingatkan terlebih dahulu oleh guru agar mau membuang sampah dengan benar.
2. Apakah siswa sudah memiliki kesadaran dalam menjaga kebersihan lingkungan?

Jawaban: Kesadaran siswa masih perlu ditingkatkan karena beberapa siswa masih membuang sampah sembarangan.

3. Apa kendala yang dihadapi dalam menanamkan kebiasaan menjaga kebersihan kepada siswa?

   Jawaban: Kendala utama adalah kurangnya kesadaran siswa dan kebiasaan yang belum terbentuk sejak awal.

4. Bagaimana kondisi tempat sampah yang digunakan saat ini di sekolah?

   Jawaban: Tempat sampah yang digunakan masih sederhana dan kurang menarik perhatian siswa.

5. Bagaimana respon siswa saat pertama kali menggunakan *Smart Trash Bin*?

   Jawaban: Siswa terlihat tertarik dan antusias saat menggunakan *Smart Trash Bin*.

6. Apakah fitur suara pada *Smart Trash Bin* membantu menarik perhatian siswa?

   Jawaban: Ya, fitur suara cukup efektif karena siswa menjadi lebih tertarik dan memperhatikan saat membuang sampah.

7. Apakah *Smart Trash Bin* membantu meningkatkan kesadaran siswa dalam membuang sampah ?

   Jawaban: Ya, alat ini membantu meningkatkan kesadaran siswa karena memberikan respon langsung.

8. Apakah alat ini membantu guru dalam mengingatkan siswa menjaga kebersihan?

   Jawaban: Ya, alat ini cukup membantu karena siswa menjadi lebih tertarik untuk membuang sampah.

9. Apakah notifikasi ketika tempat sampah penuh bermanfaat bagi pengelolaan kebersihan?

   Jawaban: Ya, notifikasi tersebut membantu dalam mengetahui kapan tempat sampah harus dikosongkan.

10. Apakah *Smart Trash Bin* layak digunakan secara berkelanjutan di sekolah?
    Jawaban: Ya, alat ini layak digunakan karena memberikan manfaat dalam meningkatkan kebersihan.

Demikian laporan hasil wawancara ini dibuat sebagai dokumen pendukung dalam penyusunan Tugas Akhir.

Palangka Raya, 3 Maret 2026

Narasumber	Pewawancara
LISNAE, S.Pd	M. KHAIRAN JAMIL
NIP. 197202291996112001	NIM. C2255201038

Lampiran 16. Laporan Hasil Observasi

LEMBAR HASIL OBSERVASI

Sebagai salah satu syarat untuk memenuhi Tugas Akhir di STMIK Palangkaraya.
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD KHAIRAN JAMIL
NIM : C2255201038
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Smart Trash* Bin Menggunakan Esp8266 Dengan Umpan Balik Suara Dan Integrasi *Blynk*

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah melakukan observasi langsung terhadap lokasi penelitian pada :

Hari / Tanggal : Selasa, 3 Maret 2026
Waktu : 9:00 sampai selesai
Tempat : SD Negeri 2 Menteng Palangka Raya

A. Tujuan Observasi

Observasi ini bertujuan untuk mengetahui perilaku siswa dalam membuang sampah serta respon siswa terhadap penggunaan *Smart Trash Bin* sebagai media edukasi kebersihan di lingkungan Sekolah Dasar.

B. Hasil Observasi

No	Aspek yang diamati	Hasil observasi
1.	Kebiasaan siswa dalam membuang sampah	Sebagian siswa masih belum konsisten membuang sampah pada tempatnya tanpa arahan
2.	Kemandirian siswa	Siswa cenderung masih memerlukan arahan dari guru dalam menjaga kebersihan
3.	Ketertarikan terhadap *Smart Trash Bin*	Siswa menunjukkan ketertarikan yang lebih tinggi saat menggunakan *Smart Trash Bin* dibanding tempat sampah biasa

4.	Respon terhadap suara/notifikasi	Siswa merespon suara yang dihasilkan alat dengan memperhatikan dan mengikuti arahan secara spontan
5.	Dampak penggunaan alat	Penggunaan *Smart Trash Bin* membantu meningkatkan kesadaran siswa untuk membuang sampah dengan benar

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di lingkungan sekolah, dapat disimpulkan bahwa siswa masih belum memiliki kebiasaan yang konsisten dalam membuang sampah pada tempatnya dan masih memerlukan arahan dalam menjaga kebersihan. Selain itu, penggunaan *Smart Trash Bin* sebagai media edukasi berbasis *Internet of Things* (IoT) menunjukkan respon yang positif dari siswa. Siswa terlihat lebih tertarik dan antusias dalam membuang sampah, serta merespon fitur suara yang dihasilkan oleh alat. Sehingga, *Smart Trash Bin* dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kesadaran dan kedisiplinan siswa dalam menjaga kebersihan lingkungan sekolah.

Demikian lembar observasi ini dibuat sebagai dokumen pendukung dalam penyusunan Tugas Akhir.

Palangka Raya, 3 Maret 2026

Penulis,

Muhammad Khairan Jamil
NIM.C2255201038

Lampiran 17. Berita Acara Tugas Akhir

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER
(STMIK) PALANGKARAYA
Jl. G. Obos No.114 Telp.0536-3224593, 3225515 Fax.0536-3225515 Palangka Raya
email : humas@stmikplk.ac.id - website : www.stmikplk.ac.id

BERITA ACARA
UJIAN TUGAS AKHIR

Periode : April 2026

Pada hari ini Rabu, 22 April 2026 Pukul 13.00 WIB sampai dengan ..... WIB telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir mahasiswa atas nama :

Nama Mahasiswa	:	Muhammad Khairan Jamil
N I M	:	C2255201038
Program Studi	:	Teknik Informatika
Tahun Angkatan	:	2022
Judul TA	:	IMPLEMENTASI SMART TRASH BIN MENGGUNAKAN ESP8266 DENGAN UMPAN BALIK SUARA DAN INTEGRASI BLYNK

Dosen Penguji :

	Nama		Nilai	Tanda Tangan
1.	Amaya Andri Damaini, S.Kom., M.T	=	.....	(.....)
2.	Norhayati, M.Pd	=	.....	(.....)
3.	Elia Zakharia, M.T	=	.....	(.....)
4.	Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom	=	.....	(.....)
5.	Dr. Maura. Widyaningsih, S.Kom., M.Cs	=	.....	(.....)

Hasil Ujian : **LULUS / ~~TIDAK LULUS~~ *)** NILAI = 82,71

Revisi (~~Tidak Ada~~ / Minor / Mayor *)

Catatan Penting :
1. Lama Perbaikan : 14 hari
2. Jika lebih dari 1 (satu) bulan dikenakan sanksi berupa denda sebesar Rp. 600.000,- (Enam ratus ribu rupiah) per bulan dari tanggal ujian.
3. Jika lebih dari 3 (tiga) bulan dari tanggal ujian maka hasil ujian dibatalkan dan wajib mengajukan judul dan pembimbing baru.

Demikian Berita Acara ini dibuat, agar dapat digunakan sebagaimana semestinya.

Palangka Raya, 22 April 2026

Ketua Penguji,

Amaya Andri Damaini, S.Kom., M.T
NIK. 199309042018001

Mahasiswa,

Muhammad Khairan Jamil
NIM. C2255201038

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknik Informatika,

Ir. Abdul Hadi, S.T., M.Kom
NIK. 196505102021101

Tembusan:
Mahasiswa yang bersangkutan.

Lampiran 18. Dokumentasi Penyerahan Alat Ke Sekolah

