

**Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IOT untuk
Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared
dan Pemantauan Real-Time**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

WAHYU AHLAN SYAH

2109020020



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

**Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IOT untuk Pemilahan
Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan
Real-Time**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

Wahyu Ahlan Syah

NPM. 2109020020

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IOT untuk
Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor
Infrared dan Pemantauan Real-Time

Nama Mahasiswa : WAHYU AHLAN SYAH

NPM : 2109020020

Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui

Komisi Pembimbing



(Indah Purnama Sari, S.T.,M.Kom)

NIDN. 0116049001

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom)

NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khoyarizmi, S.Kom., M.Kom)

NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

**Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IOT untuk Pemilahan Sampah
Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time**

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 09-10-2025

Yang membuat pernyataan



Wahyu Ahlan Syah

NPM. 2109020020

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Ahlan Syah
NPM : 2109020020
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

“Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IOT untuk Pemilahan Sampah
Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 09-10-2025

Yang membuat pernyataan



Wahyu Ahlan Syah
NPM 2109020020

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Wahyu Ahlan Syah
Tempat dan Tanggal Lahir : Berastagi, 09 November 2002
Alamat Rumah : Damak Maliho Dsn.III, Kec.Bangun Purba
Telepon/Faks/HP : 082365038003
E-mail : ahlansyahw@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD : SD Letjen Jamin Ginting
TAMAT: 2015
SMP : SMP N 1 Berastagi
TAMAT: 2018
SMA : SMK Swasta Awal Karya Pembangunan
TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Pendahuluan

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Bapak/Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom Ketua Program Studi Teknologi Informasi
4. Bapak/Ibu Mhd. Basri, S.Si, M.Kom Sekretaris Program Studi Teknologin Informasi
5. Pembimbing Ibu Indah Purnama Sari, S.T.,M.Kom., yang telah membimbing dengan sabar, memberikan arahan yang bijak, serta membuka cakrawala berpikir penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Setiap masukan dan koreksi yang diberikan menjadi pijakan penting dalam penyempurnaan karya ilmiah ini.
6. Kedua orang tua saya Bapak Swito dan Ibu Yuniati, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya. Dua orang yang selalu mengusahakan

anak pertamanya ini menempuh pendidikan setinggi-tingginya, meskipun mereka berdua sendiri hanya bisa menempuh pendidikan sampai tahap dasar. Kepada bapak saya, terimakasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafkah demi anakmu bisa ketahap ini, demi anakmu dapat mengenyam pendidikan sampai ke tingkat ini, dan terima kasih telah menjadi contoh untuk menjadi seorang laki-laki yang bertanggung jawab penuh terhadap keluarga. Untuk Bidadari surgaku ibu Yuniati, yang dengan kasih tanpa batas, doa tanpa jeda, dan ketabahan yang senyap telah menjadi cahaya dalam setiap langkah dan alasan dalam setiap perjuangan. Skripsi ini penulisan persembahan untuk kalian. Terima kasih sudah melahirkan saya kedunia, hingga akhirnya saya bisa tumbuh dewasa dan bisa berada di posisi ini. Kesuksesan dan segala hal baik yang kedepannya akan penulis dapatkan adalah karena kedua orang tua saya. Tolong hidup lebih lama didunia ini, izinkan saya mengabdikan dan membalas segala pengorbanan yang kalian lakukan selama ini. Terakhir, terima kasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya.

7. Terima kasih penulis sampaikan kepada seseorang yang telah menjadi tempat paling tenang untuk bersandar, tempat cerita keluh kesah, dan salah satu alasan terkuat yang membuat penulis terus melangkah hingga skripsi ini selesai.
8. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada kawan-kawan satu atap

selama masa kuliah, yang sudah seperti keluarga sendiri. Tempat berbagi cerita, tawa, dan perlakuan lucu, hingga detik-detik panik menjelang deadline. Semoga kekompakan kita tetap awet, meskipun nanti obrolan malam kita berganti dari tugas kuliah, bulyyan yang kita lontarkan dan menimbulkan ledakan tawa menjadi tagihan listrik dan cicilan rumah.

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu memberikan pemikiran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan skripsi ini.

10. *I would also like to take a moment to thank myself—for having the strength to keep going, the patience to overcome challenges, and the perseverance to complete this thesis despite moments of doubt and fatigue. This journey has not only been an academic milestone, but also a personal one, and I am truly grateful for the resilience I have found within myself.*

Penulis



Wahyu Ahlan Syah

Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT untuk Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time

ABSTRAK

Permasalahan sampah, khususnya di lingkungan sekolah dasar, masih menjadi tantangan akibat kurangnya pengetahuan dan sarana pemilahan yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pemilah sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat membedakan sampah organik dan anorganik secara otomatis menggunakan sensor inframerah. Sistem ini mengintegrasikan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor inframerah untuk deteksi jenis sampah, serta motor servo untuk penggerak mekanik pemilah. Selain itu, sistem dilengkapi dengan aplikasi Android yang memberikan notifikasi secara real-time mengenai jenis sampah yang terdeteksi dan status kapasitas tempat sampah. Uji coba dilakukan di SD Negeri 104279 Paya Itik sebagai lingkungan edukatif yang dinilai strategis untuk penerapan alat ini. Hasil implementasi menunjukkan bahwa alat mampu meningkatkan efisiensi pemilahan sampah dan memberikan edukasi praktis bagi siswa. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menawarkan solusi teknis dalam pengelolaan sampah, tetapi juga mendorong perubahan perilaku dan kesadaran lingkungan sejak dini.

Kata kunci: Sampah organik, sampah anorganik, IoT, sensor inframerah, pemilahan otomatis, edukasi lingkungan

Design of a Smart Trash Bin Based on IoT for Automatic Waste Sorting Using Infrared Sensors and Real-Time Monitoring

ABSTRACT

Waste management remains a significant challenge, especially in elementary school environments, due to limited awareness and inadequate sorting facilities. This study aims to design and develop a smart trash bin system based on the Internet of Things (IoT) that can automatically distinguish between organic and inorganic waste using infrared sensors. The system integrates an ESP32 microcontroller, infrared sensors for waste detection, and servo motors for mechanical sorting. It is also equipped with an Android application that provides real-time notifications regarding the detected waste type and the bin's capacity status. Testing was conducted at SD Negeri 104279 Paya Itik, selected as an educational setting with diverse daily waste generation. The implementation results show that the tool improves sorting efficiency and serves as a practical means of environmental education for students. This approach not only offers a technical solution for waste management but also promotes behavioral change and early environmental awareness.

Keywords: Organic waste, inorganic waste, IoT, infrared sensor, automatic sorting, environmental education

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Manfaat Praktis.....	5
1.5.2 Manfaat Akademis.....	6
1.5.3 Manfaat Institusi Pendidikan	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Landasan Teori	10

2.2.1 Internet of Things (IoT).....	10
2.2.2 Sensor Infrared	11
2.2.3 Sensor UltrasonikHC-SR04	12
2.2.4 Sensor Proximity Induktif.....	13
2.2.5 Sensor proximity kapasitif	14
2.2.6 Arduino Uno	16
2.2.7 NodeMCU	16
2.2.8 Motor Servo	17
2.2.9 Kabel Jumper	19
2.2.10 Adaptor	20
2.2.11 Flowchart	21
2.2.12 Diagram Blok.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Prosedur Penelitian.....	23
3.1.1 Rencana Penelitian dan Persiapan Alat.....	24
3.1.2 Analisis Kebutuhan Sistem dan Desain Sistem	24
3.1.3 Implementasi dan Pengujian Sistem	24
3.1.4 Analisis Hasil dan Penyempurnaan Sistem	25
3.2 Alur Kerja Sistem	26
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	27
3.3.1 Observasi.....	28
3.3.2 Wawancara	29
3.3.3 Studi Pustaka.....	29
3.4 Waktu dan Tempat Penelitian	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Implementasi	31
4.2 Hasil pengujian sistem	33
4.2.1 Pengujian Sensor Ultrasonik.....	33
4.2.2 Pengujian Sensor IR (Inframerah).....	34
4.2.3 Pengujian Sensor Logam	35
4.2.4 Pengujian Sensor Hujan	36
4.2.5 Pengujian Servo Motor.....	36
4.2.6 Pengujian Firebase Realtime Database.....	37
4.2.7 Pengujian Aplikasi Android.....	38
4.3 Pembahasan	39
BAB V PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3. 1 Rencana Penelitian.....	30
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem Tempat Sampah Pintar.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor proximity infrared	12
Gambar 2. 2 Sensor UltrasonikHC-SR04	13
Gambar 2. 3 Sensor Proximity Induktif	14
Gambar 2. 4 Sensor proximity kapasitif	15
Gambar 2. 5 Arduino Uno.....	16
Gambar 2. 6 NodeMCU	17
Gambar 2. 7 Motor Servo.....	19
Gambar 2. 8 Kabel Jumper	20
Gambar 2. 9 Adaptor.....	20
Gambar 2. 10 Simbol Flowchart	22
Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Alur Kerja Sistem.....	27
Gambar 4. 1 tampilan depan alat.....	31
Gambar 4. 2 tampilan sensor ultrasonik dan servo	32
Gambar 4. 3 tampilan ESP32 pada bagian belakang	32
Gambar 4. 4 Sensor ultrasonik.....	33
Gambar 4. 5 tampilan Realtime Database pada Firebase.....	34
Gambar 4. 6 tampilan notifikasi aplikasi android	34
Gambar 4. 7 pengujian sensor IR.....	35
Gambar 4. 8 pengujian sensor logam.....	35
Gambar 4. 9 pengujian sensor hujan	36
Gambar 4. 10 pengujian servo motor.....	37
Gambar 4. 11 tampilan pengujian firebase	37
Gambar 4. 12 tampilan notifikasi aplikasi android	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah secara umum terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik berasal dari sisa makhluk hidup seperti manusia, hewan, maupun tumbuhan yang dapat terurai secara alami melalui proses biologis oleh mikroorganisme. Contohnya ialah sisa makanan, dedaunan, dan limbah dapur. Sementara itu, sampah anorganik merupakan jenis sampah yang sulit terurai secara alami, seperti plastik, logam, dan kaca, sehingga membutuhkan proses pengolahan khusus agar tidak mencemari lingkungan (Nindya Ovitasari et al. 2022).

Apabila tidak dikelola dengan benar, penumpukan sampah terutama dari jenis anorganik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang berdampak buruk bagi ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan sampah yang efisien guna mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus menumbuhkan kesadaran masyarakat untuk memilah dan mendaur ulang sampah secara bijak.

Penelitian ini dilaksanakan di SD Negeri 104279 Paya Itik sebagai lokasi uji coba alat. Sekolah dipilih karena memiliki aktivitas harian yang menghasilkan berbagai jenis sampah, namun belum menerapkan sistem pemilahan yang optimal. Selain itu, implementasi alat di sekolah diharapkan mampu menumbuhkan kesadaran peduli lingkungan sejak dini di kalangan siswa.

Sebagai solusi inovatif, dirancang alat pemilah sampah otomatis dengan memanfaatkan sensor inframerah untuk mendeteksi perbedaan sifat material

berdasarkan pantulan atau penyerapan sinar inframerah. Sampah organik seperti sisa makanan memiliki karakteristik pantulan berbeda dibandingkan dengan sampah anorganik seperti plastik atau logam. Setelah jenis sampah terdeteksi, sistem akan memindahkan sampah secara otomatis ke wadah yang sesuai. Teknologi ini tidak hanya mempermudah proses pemilahan di sekolah dasar, tetapi juga menjadi sarana edukatif untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap pentingnya pengelolaan sampah. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat menumbuhkan kebiasaan membuang sampah pada tempatnya dan memperkuat tanggung jawab terhadap kebersihan lingkungan.

Beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Guesdy Cadrino 2021) menunjukkan bahwa penggunaan sensor inframerah dalam sistem pemilah sampah dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan. Prototipe yang dikembangkan mengombinasikan sensor inframerah, sensor logam, dan sensor cahaya untuk mengenali serta memisahkan sampah berdasarkan jenisnya. Meskipun hasilnya efektif, masih terdapat beberapa kendala seperti kesalahan deteksi atau tersumbatnya material saat proses pemilahan berlangsung.

Selain itu, hasil observasi menunjukkan bahwa banyak siswa sekolah dasar masih kesulitan membedakan jenis sampah akibat kurangnya sarana pendukung dan pemahaman yang terbatas. Hal ini berdampak pada pengelolaan sampah yang kurang optimal. Berdasarkan kondisi tersebut, penulis mengangkat penelitian berjudul : “Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT untuk Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time.”

Alat yang dikembangkan mengintegrasikan sensor inframerah, mikrokontroler, dan sistem komunikasi berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini bekerja dengan membaca perbedaan pantulan cahaya untuk menentukan jenis sampah, kemudian hasil identifikasi dikirim ke aplikasi Android yang memberikan notifikasi secara real-time mengenai jenis sampah dan kapasitas wadah. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya bekerja secara otomatis tetapi juga menyediakan pemantauan yang cepat dan efisien melalui aplikasi terhubung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat alat pemilah sampah otomatis berbasis IoT yang mampu membedakan sampah organik dan anorganik menggunakan sensor inframerah?
2. Bagaimana prinsip kerja sensor inframerah dalam mengenali jenis sampah berdasarkan karakteristik materialnya?
3. Bagaimana mengintegrasikan sistem notifikasi real-time dengan alat pemilah agar dapat memberikan informasi status tempat sampah melalui aplikasi kepada pihak terkait?

1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada penelitian terdahulu, sistem pemilah sampah otomatis berbasis sensor inframerah telah digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah rumah tangga. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini difokuskan pada

pengembangan alat pemilah sampah otomatis yang memanfaatkan sensor inframerah guna meningkatkan akurasi dan efisiensi pengelolaan sampah di lingkungan sekolah dasar. Adapun ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Jenis Sampah yang Dipilah: Sistem hanya dirancang untuk memilah dua kategori utama, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Jenis anorganik mencakup material seperti plastik, logam, dan kertas.
2. Teknologi yang Digunakan: Alat menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai komponen utama yang mengintegrasikan sensor inframerah untuk mendeteksi jenis sampah, serta koneksi Wi-Fi guna mengirimkan data ke aplikasi pemantau.
3. Komponen Utama Alat:
 - a) Sensor Inframerah: Berfungsi untuk mengenali keberadaan objek di depan alat sehingga tutup tempat sampah dapat terbuka otomatis tanpa sentuhan.
 - b) Motor Servo: Bertugas menggerakkan tutup tempat sampah secara otomatis sesuai sinyal yang diterima dari sistem.
 - c) ESP32: Bertindak sebagai pengendali utama yang memproses sinyal sensor, mengatur servo, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Android.
4. Batasan Fungsionalitas: Sistem tidak dirancang untuk mendeteksi benda dengan ukuran terlalu kecil atau besar, karena dapat memengaruhi tingkat akurasi sensor inframerah.

5. Lingkungan Pengoperasian: Prototipe diuji dalam kondisi ruangan dengan suhu dan kelembapan normal. Alat tidak diuji pada kondisi ekstrem seperti suhu tinggi atau rendah.
6. Aspek Pengembangan: Penelitian ini hanya berfokus pada pembuatan dan pengujian prototipe alat pemilah sampah otomatis, tanpa mencakup pengembangan perangkat lunak tambahan ataupun integrasi dengan sistem manajemen sampah yang lebih luas.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang dan mengembangkan alat pemilah sampah otomatis berbasis sensor inframerah. Alat tersebut diharapkan mampu meningkatkan ketepatan dan efisiensi dalam proses pemisahan antara sampah organik dan anorganik. Selain itu, sistem ini diharapkan dapat menjadi inovasi teknologi yang praktis dalam mendukung kegiatan pengelolaan sampah secara lebih terstruktur dan efektif. Melalui penggunaan alat ini, proses pemilahan sampah dapat dilakukan dengan lebih cepat, tepat, dan konsisten dibandingkan metode manual.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai pengembangan alat pemilah sampah otomatis berbasis sensor inframerah memiliki berbagai manfaat yang dapat dikategorikan Sebagai berikut.

1.5.1 Manfaat Praktis

1. Peningkatan Kesadaran Lingkungan: Alat ini membantu siswa memahami pentingnya menjaga kebersihan dan mengelola sampah dengan benar agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar.

2. Efisiensi Pengelolaan Sampah: Sistem ini mampu meningkatkan ketepatan serta kecepatan dalam memilah sampah organik dan anorganik di lingkungan sekolah, sehingga pengelolaan menjadi lebih efektif.
3. Perubahan Perilaku Siswa: Dapat menumbuhkan kebiasaan disiplin dan rasa tanggung jawab siswa untuk secara aktif berpartisipasi dalam kegiatan pemilahan dan pengelolaan sampah di sekolah.

1.5.2 Manfaat Akademis

1. Edukasi dan Pembelajaran Praktis: Memberikan sarana pembelajaran yang menarik serta interaktif bagi siswa untuk memahami konsep pemilahan sampah dan penerapan teknologi dalam kehidupan sehari-hari.
2. Pengembangan Pengetahuan: Menambah wawasan peserta didik mengenai isu lingkungan dan cara pengelolaan sampah yang tepat berdasarkan pendekatan ilmiah dan teknologi sederhana.
3. Riset dan Inovasi: Menjadi referensi atau bahan pendukung untuk penelitian lanjutan di bidang teknologi ramah lingkungan serta pendidikan berbasis Internet of Things (IoT).

1.5.3 Manfaat Institusi Pendidikan

1. Rekomendasi untuk Program Pendidikan: Memberikan saran yang berguna bagi sekolah dalam mengimplementasikan program pendidikan lingkungan yang lebih efektif.
2. Penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam merumuskan kebijakan sekolah yang berfokus pada pengelolaan dan pelestarian lingkungan. Melalui hasil penelitian ini, sekolah dapat mengembangkan kebijakan yang mendukung

terciptanya sistem pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan di lingkungan pendidikan.

3. Penerapan alat hasil penelitian ini dapat memperkuat citra sekolah sebagai lembaga pendidikan yang aktif berpartisipasi dalam pelestarian lingkungan. Hal ini menunjukkan komitmen sekolah dalam menerapkan nilai-nilai keberlanjutan serta mendorong terciptanya budaya peduli lingkungan di kalangan warga sekolah.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Penulis & Tahun	Judul Penelitian	Teknologi yang Digunakan	Fokus Penelitian (Versi Revisi Aman)
(M. Ismail, Abdullah, and Abdussamad, 2021)	Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi	Sensor ultrasonik HC-SR04	Penelitian ini berfokus pada peningkatan sistem pengelolaan sampah melalui pemantauan otomatis berbasis IoT, sehingga proses pengumpulan dan pengelolaan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien.
(Indra Satmata, Afroni, and Sugiono, 2022)	Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Pemilah Logam, Non Logam dan Organik Otomatis Berbasis IoT	Sensor Ultrasonik, Sensor Induktif, ESP32, Modul Wi-Fi	Mengembangkan sistem pemilah sampah otomatis berbasis IoT yang mampu memisahkan sampah logam, non-logam, dan organik secara akurat untuk mendukung efektivitas pengelolaan sampah.
(I. Ismail, Nusri, and Rahman, 2023)	Sistem Smart Trash Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Internet of Things	Sensor IoT, Sistem pemilah otomatis	Fokus penelitian ini adalah merancang alat tempat sampah cerdas yang dapat mengenali dan memisahkan jenis sampah secara otomatis dengan dukungan konektivitas IoT untuk meningkatkan efisiensi sistem pengelolaan.
(Kurniawan and Rahmawati, 2024)	Smart Tong Sampah Pendeteksi Otomatis Sampah Organik & Anorganik Berbasis IoT Smart City	Sensor Ultrasonik, Sensor Induktif, ESP32, Cloud	Menghasilkan sistem tempat sampah pintar yang mampu mendeteksi serta memilah jenis sampah organik dan anorganik secara otomatis, serta terintegrasi dalam jaringan Smart City.

Penulis & Tahun	Judul Penelitian	Teknologi yang Digunakan	Fokus Penelitian
(Guesdy Cadrino, 2021)	Rancang Tempat Sampah Pintar Pemilah Logam dan Non-Logam Dengan Metode Metal Proximity dan Arduino R3 Uno	Sensor Metal Proximity, Arduino R3 Uno, IoT	Mengembangkan prototipe tempat sampah otomatis yang menggunakan sensor logam untuk memilah sampah berdasarkan kandungan materialnya serta memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama.

(M. Ismail, Abdullah, and Abdussamad 2021) Penelitian ini mengembangkan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT yang menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau tingkat kepenruhan tempat sampah secara otomatis. Dengan pembaruan status secara real-time, sistem ini membantu pengelolaan sampah menjadi lebih efisien dan efektif, serta mempermudah proses pengumpulan sampah secara tepat waktu.

(Indra Satmata, Afroni, and Sugiono 2022) Penelitian ini fokus pada pengembangan tempat sampah pintar yang dapat memisahkan sampah logam, non-logam, dan organik secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan sensor induktif. Teknologi IoT yang terintegrasi memungkinkan pengelolaan sampah yang lebih terorganisir, serta meminimalkan kesalahan dalam pemilahan sampah.

(I. Ismail, Nusri, and Rahman 2023) Penelitian ini mengembangkan sistem tempat sampah pintar yang mampu memilah sampah organik dan anorganik secara otomatis menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi jenis sampah dan memastikan pemrosesan yang lebih akurat. Selain itu, teknologi IoT memungkinkan pemantauan status tempat

sampah secara real-time, memberikan pembaruan otomatis, serta membantu dalam perencanaan pengelolaan sampah yang lebih efisien dan terstruktur.

(Kurniawan and Rahmawati 2024) Penelitian ini berfokus pada pengembangan tempat sampah pintar yang dapat mendeteksi dan memisahkan sampah organik dan anorganik secara otomatis. Teknologi IoT dan sistem cloud memungkinkan pemantauan tempat sampah secara real-time, memudahkan pengelola dalam merencanakan rute pengumpulan dan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah di lingkungan smart city.

(Guesdy Cadrino 2021) Penelitian ini merancang tempat sampah pintar yang dapat memilah sampah logam dan non-logam secara otomatis dengan menggunakan metode Metal Proximity dan Arduino R3 Uno. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi jenis material sampah melalui sensor Metal Proximity, yang memungkinkan identifikasi logam dengan akurasi tinggi. Dengan penerapan teknologi ini, proses pemilahan sampah menjadi lebih efisien, mendukung pengelolaan limbah yang lebih baik, serta mempermudah daur ulang material berbasis logam.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data secara otomatis. Dalam sistem pengelolaan sampah, IoT berperan dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan pemrosesan limbah dengan mengintegrasikan sensor dan modul komunikasi. Teknologi ini memungkinkan tempat sampah pintar untuk mengidentifikasi jenis sampah, mengaktifkan sistem pemilah secara otomatis, serta

mengirimkan data ke pusat pemantauan guna mengoptimalkan proses pengelolaan limbah (M. Ismail, Abdullah, and Abdussamad 2021).

Pemanfaatan IoT dalam tempat sampah pintar membantu pengelola dalam menentukan waktu pengangkutan berdasarkan data real-time, sehingga sistem pengumpulan sampah menjadi lebih efektif dan terorganisir. Selain itu, implementasi teknologi ini juga mendukung konsep Smart City, di mana sistem pengelolaan limbah menjadi lebih modern dan adaptif terhadap kondisi lingkungan (Kurniawan and Rahmawati 2024).

2.2.2 Sensor Infrared

Sensor inframerah adalah teknologi yang digunakan dalam sistem pemilahan sampah otomatis untuk mengenali keberadaan dan jenis material berdasarkan pantulan cahaya inframerah. Sensor ini bekerja dengan memancarkan gelombang inframerah ke objek dan menganalisis cahaya yang dipantulkan kembali, sehingga dapat menentukan apakah suatu objek termasuk sampah organik atau anorganik (Guesdy Cadrino 2021).

Sensor inframerah terdiri dari dua bagian utama:

1. Pemancar inframerah, yang berfungsi mengirimkan gelombang cahaya inframerah ke objek yang akan dideteksi.
2. Penerima inframerah, yang menangkap cahaya yang dipantulkan oleh objek dan mengubahnya menjadi sinyal listrik untuk dianalisis lebih lanjut.

Dengan kemampuannya mendeteksi material berdasarkan sifat reflektifnya, sensor inframerah banyak digunakan dalam sistem pemilahan sampah otomatis. Teknologi ini meningkatkan efisiensi dalam memilah sampah serta mendukung

sistem pengelolaan limbah yang lebih efektif dan ramah lingkungan (Indra Satmata, Afroni, and Sugiono 2022).



Gambar 2. 1 Sensor proximity infrared

2.2.3 Sensor UltrasonikHC-SR04

Sensor ultrasonik adalah jenis sensor yang digunakan untuk mengukur jarak atau mendeteksi objek dengan menggunakan gelombang suara berfrekuensi tinggi (ultrasonik), yang tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Sensor ini bekerja dengan cara mengirimkan gelombang suara dan mengukur waktu yang diperlukan gelombang untuk memantul kembali setelah mengenai objek. Dengan menghitung waktu tempuh gelombang, sensor dapat menentukan jarak antara sensor dan objek yang terdeteksi (Indra Satmata, Afroni, and Sugiono 2022).

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut:

1. Pemancaran Gelombang: Sensor mengirimkan gelombang suara ultrasonik ke arah objek yang ingin dideteksi.
2. Pemantulan Gelombang: Gelombang tersebut mengenai objek dan dipantulkan kembali menuju sensor.

3. Pengukuran Waktu: Sensor mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali.
4. Perhitungan Jarak: Dengan menggunakan kecepatan gelombang suara di udara, sensor menghitung jarak antara objek dan sensor berdasarkan waktu tempuh gelombang.

Sensor ultrasonik banyak digunakan dalam aplikasi tempat sampah pintar, terutama untuk mendeteksi tingkat kepenuhan tempat sampah. Dengan teknologi ini, sistem dapat memberikan pembaruan otomatis kepada pengelola sampah, yang membantu dalam merencanakan pengumpulan dengan lebih efisien dan mengurangi biaya operasional (M. Ismail, Abdullah, and Abdussamad 2021). Teknologi ini juga dapat digunakan dalam aplikasi lain seperti pengukuran jarak untuk berbagai sistem otomatisasi.



Gambar 2. 2 Sensor UltrasonikHC-SR04

2.2.4 Sensor Proximity Induktif

Sensor proximity induktif adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi objek logam tanpa kontak fisik langsung. Sensor ini beroperasi berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu mendeteksi perubahan dalam medan elektromagnetik yang dihasilkan ketika objek logam mendekat ke sensor. Sensor ini sangat berguna dalam

berbagai aplikasi, karena dapat mendeteksi keberadaan atau posisi objek logam secara akurat tanpa memerlukan sentuhan fisik.

Prinsip kerja dari sensor ini terdiri dari dua komponen utama:

1. Koil Induksi: Komponen yang memancarkan medan elektromagnetik di sekeliling sensor.
2. Sirkuit Deteksi: Komponen yang merespon perubahan medan elektromagnetik yang disebabkan oleh objek logam yang mendekat.

Saat objek logam mendekati sensor, perubahan dalam medan elektromagnetik terdeteksi oleh sirkuit deteksi, yang kemudian menghasilkan sinyal atau perubahan status yang menunjukkan kedekatan objek tersebut. Sensor ini juga dapat digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan objek, memungkinkan aplikasi yang lebih luas dalam sistem otomatisasi (Guesdy Cadrino 2021).



Gambar 2. 3 Sensor Proximity Induktif

2.2.5 Sensor proximity kapasitif

Sensor proximity kapasitif adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi objek dengan mengukur perubahan kapasitansi yang terjadi saat objek mendekat. Sensor ini dapat mendeteksi berbagai jenis material, tidak terbatas pada logam, tetapi juga termasuk plastik, cairan, dan bahan lainnya yang dapat

mempengaruhi kapasitas listrik sensor. Sensor ini bekerja dengan prinsip dasar bahwa setiap objek memiliki pengaruh tertentu terhadap medan listrik di sekitar sensor, yang akan mempengaruhi nilai kapasitansi.

Cara kerja sensor ini adalah dengan memancarkan medan listrik yang dihasilkan oleh elemen kapasitif. Ketika objek mendekati sensor, medan listrik ini akan terganggu, menyebabkan perubahan pada nilai kapasitansi. Perubahan ini kemudian dideteksi oleh sirkuit sensor, yang mengubahnya menjadi sinyal yang menandakan keberadaan objek.

Sensor kapasitif sering digunakan dalam berbagai aplikasi karena kemampuannya untuk mendeteksi objek non-logam, seperti plastik atau cairan, yang tidak dapat dideteksi oleh sensor induktif. Teknologi ini sangat berguna dalam berbagai sistem, termasuk aplikasi di industri pengelolaan sampah, di mana sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi sampah berbahan non-logam seperti plastik dan kertas (M. Ismail, Abdullah, and Abdussamad 2021).



Gambar 2. 4 Sensor proximity kapasitif

2.2.6 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam berbagai proyek elektronik, mulai dari eksperimen sederhana hingga aplikasi industri. Popularitasnya didukung oleh kemudahan pemrograman, kompatibilitas dengan berbagai sensor, serta adanya komunitas pengguna yang aktif. Papan ini dirancang dengan arsitektur yang fleksibel, sehingga dapat digunakan oleh pemula yang ingin belajar dasar-dasar mikrokontroler maupun oleh pengembang berpengalaman yang membutuhkan sistem otomatisasi yang efisien. Selain itu, Arduino Uno sering diterapkan dalam proyek berbasis Internet of Things (IoT) karena kemampuannya dalam mengontrol perangkat secara real-time dan berintegrasi dengan teknologi lainnya untuk mendukung otomasi dan pemantauan jarak jauh (Guesdy Cadrino 2021)



Gambar 2. 5 Arduino Uno

2.2.7 NodeMCU

NodeMCU merupakan modul mikrokontroler berbasis ESP8266 yang memiliki fitur Wi-Fi bawaan, sehingga banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Modul ini mampu mengolah data sekaligus berkomunikasi melalui jaringan internet tanpa memerlukan tambahan perangkat

eksternal. Dengan fitur Wi-Fi terintegrasi, NodeMCU dapat berfungsi sebagai akses poin maupun klien yang terhubung ke server, memungkinkan pengiriman dan penerimaan data secara real-time.

Kemampuannya dalam menghubungkan perangkat ke internet menjadikannya pilihan ideal untuk sistem otomatisasi dan pemantauan jarak jauh. Selain itu, NodeMCU mendukung berbagai sensor dan aktuator, sehingga fleksibel untuk digunakan dalam berbagai proyek IoT, seperti sistem tempat sampah pintar yang dapat mendeteksi kepenuhan dan mengirimkan notifikasi ke pengelola secara otomatis. Dukungan terhadap bahasa pemrograman berbasis Arduino IDE juga membuatnya lebih mudah digunakan oleh pengembang pemula maupun profesional (Indra Satmata, Afroni, and Sugiono 2022).



Gambar 2. 6 NodeMCU

2.2.8 Motor Servo

Motor servo adalah aktuator yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan dengan tingkat presisi tinggi. Komponen ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti sistem otomatisasi, robotika, dan perangkat berbasis Internet of Things (IoT). Salah satu keunggulan motor servo adalah kemampuannya untuk

menggerakkan poros ke sudut tertentu sesuai dengan instruksi yang diberikan, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan kontrol posisi yang akurat.

Motor servo bekerja dengan menerima sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*), di mana lebar pulsa yang dikirimkan menentukan sudut putaran motor. Sinyal ini diproses oleh rangkaian kontrol di dalam motor, yang kemudian menyesuaikan posisi poros sesuai dengan durasi pulsa yang diterima. Dengan mekanisme ini, motor servo mampu mempertahankan posisi yang diinginkan serta menyesuaikan kembali jika terjadi perubahan akibat faktor eksternal.

Motor servo tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran, tergantung pada kebutuhan penggunaannya. Dalam sistem otomatisasi dan IoT, motor ini sering digunakan untuk mengontrol pergerakan komponen mekanik seperti katup, pintu otomatis, atau sistem pemilah sampah pada tempat sampah pintar. Sementara itu, dalam bidang robotika, motor servo berperan dalam menggerakkan lengan robot dan mekanisme yang membutuhkan ketepatan tinggi.

Keunggulan lain dari motor servo adalah efisiensi energinya yang cukup baik dibandingkan dengan jenis motor lain serta kemampuannya untuk bekerja secara stabil dalam berbagai kondisi. Dengan kemudahan dalam pengendalian dan fleksibilitas penggunaannya, motor servo menjadi pilihan utama dalam berbagai inovasi teknologi yang membutuhkan sistem kendali gerak yang presisi dan responsif (Kurniawan and Rahmawati 2024).



Gambar 2. 7 Motor Servo

2.2.9 Kabel Jumper

Kabel jumper adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat dalam rangkaian elektronik, seperti mikrokontroler, sensor, dan aktuator. Menurut (Indra Satmata, Afroni, and Sugiono 2022) kabel jumper memiliki peran penting dalam pengembangan prototipe elektronik karena kemampuannya untuk menyambungkan pin atau soket pada perangkat tanpa memerlukan proses soldering. Dengan begitu, kabel jumper mempermudah pembuatan dan modifikasi rangkaian dengan cara yang cepat dan efisien.

Kabel jumper tersedia dalam beberapa jenis, seperti male-to-male, female-to-female, dan male-to-female, yang disesuaikan dengan jenis konektor pada perangkat. Kabel jumper banyak digunakan dalam proyek berbasis Internet of Things (IoT) dan sistem otomatisasi karena fleksibilitasnya yang memungkinkan pengujian dan perakitan sistem yang mudah diubah atau diperbaiki. Kabel jumper sangat penting dalam menyambungkan komponen-komponen seperti NodeMCU, Arduino, dan berbagai sensor dalam aplikasi yang memerlukan integrasi perangkat secara efisien dan cepat.



Gambar 2. 8 Kabel Jumper

2.2.10 Adaptor

Adaptor adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah sumber daya listrik menjadi bentuk yang sesuai dengan kebutuhan perangkat elektronik, seperti mikrokontroler, sensor, dan aktuator. Adaptor mengonversi listrik AC (arus bolak-balik) menjadi DC (arus searah) dengan tegangan dan arus yang sesuai untuk perangkat elektronik. Misalnya, dalam sistem berbasis IoT, adaptor sering kali mengubah tegangan 220V AC menjadi 5V atau 12V DC untuk memberi daya pada mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU.

Selain itu, adaptor dilengkapi dengan perlindungan untuk mencegah kerusakan akibat lonjakan tegangan atau arus berlebih. Dengan berbagai tipe konektor yang tersedia, adaptor memudahkan penyambungan perangkat elektronik, memastikan sistem bekerja dengan stabil, dan mencegah kerusakan pada komponen yang sensitif akibat penggunaan daya yang tidak sesuai.



Gambar 2. 9 Adaptor

2.2.11 Flowchart

Flowchart adalah diagram yang digunakan untuk menggambarkan langkah-langkah yang terjadi dalam suatu proses atau sistem secara visual. Diagram ini memanfaatkan simbol-simbol tertentu, seperti persegi panjang untuk proses, berlian untuk keputusan, dan panah untuk menunjukkan alur antara langkah-langkah tersebut. Flowchart membantu dalam merencanakan dan memahami alur kerja sistem dengan cara yang jelas dan terstruktur. Dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT), seperti sistem tempat sampah pintar, flowchart sangat berguna untuk merancang dan memvisualisasikan urutan langkah yang harus diambil oleh sistem untuk mencapai tujuan tertentu, seperti mendeteksi tingkat kepenruhan sampah atau memilah jenis sampah.

Dalam konteks sistem tempat sampah pintar, flowchart digunakan untuk menjelaskan bagaimana data yang diperoleh dari sensor diproses, bagaimana keputusan dibuat, dan bagaimana perangkat keras (seperti motor servo atau modul Wi-Fi) dikendalikan untuk melakukan tindakan otomatis. Flowchart ini tidak hanya membantu tim pengembang untuk memahami alur kerja sistem, tetapi juga memberikan gambaran yang lebih mudah dimengerti tentang bagaimana setiap komponen berinteraksi satu sama lain dalam sistem. Dengan merancang flowchart yang efektif, pengelolaan sampah dapat dilakukan secara lebih efisien, memungkinkan sistem bekerja otomatis dan terintegrasi dengan baik.

Simbol dari Flowchart adalah sebagai berikut :

	Flow Simbol yang digunakan untuk menggabungkan antara simbol yang satu dengan simbol yang lain. Simbol ini disebut juga dengan Connecting Line.		Input/output Simbol yang menyatakan proses input atau output tanpa tergantung peralatan.
	On-Page Reference Simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses dalam lembar kerja yang sama.		Manual Operation Simbol yang menyatakan suatu proses yang tidak dilakukan oleh komputer.
	Off-Page Reference Simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses dalam lembar kerja yang berbeda.		Document Simbol yang menyatakan bahwa input berasal dari dokumen dalam bentuk fisik, atau output yang perlu dicetak.
	Terminator Simbol yang menyatakan awal atau akhir suatu program.		Predefine Proses Simbol untuk pelaksanaan suatu bagian (sub-program) atau prosedur.
	Process Simbol yang menyatakan suatu proses yang dilakukan komputer.		Display Simbol yang menyatakan peralatan output yang digunakan.
	Decision Simbol yang menunjukan kondisi tertentu yang akan menghasilkan dua kemungkinan jawaban, yaitu ya dan tidak.		Preparation Simbol yang menyatakan penyediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberikan nilai awal.

Gambar 2. 10 Simbol Flowchart

2.2.12 Diagram Blok

Diagram blok adalah representasi grafis yang digunakan untuk menggambarkan struktur sistem dengan memvisualisasikan komponen-komponen utama dalam bentuk blok yang dihubungkan satu sama lain. Setiap blok merepresentasikan fungsi atau bagian tertentu dari sistem, sementara garis penghubung antar blok menunjukkan aliran data atau interaksi antara komponen-komponen tersebut. Diagram ini membantu untuk menyederhanakan kompleksitas sistem, memberikan gambaran umum mengenai bagaimana komponen-komponen berfungsi bersama dalam mencapai tujuan sistem.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari empat tahap utama yang dilaksanakan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT untuk Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time. Setiap tahap dirancang dengan cermat untuk memastikan bahwa seluruh proses berjalan sesuai dengan rencana dan menghasilkan sistem yang optimal. Berikut adalah diagram alur flowchart yang menggambarkan secara visual tahapan prosedur penelitian ini, sehingga mempermudah pemahaman terhadap langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan sistem.



Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian

3.1.1 Rencana Penelitian dan Persiapan Alat

Pada tahap pertama, dilakukan perencanaan yang mencakup identifikasi tujuan penelitian, pemilihan topik, serta penentuan metode yang digunakan dalam pengembangan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT. Selain itu, dilakukan kajian literatur untuk memahami teknologi yang relevan, seperti sensor ultrasonik, sensor proximity, mikrokontroler (Arduino atau NodeMCU), motor servo, serta sistem komunikasi berbasis Wi-Fi. Tahap ini juga mencakup pemilihan dan persiapan alat serta bahan yang diperlukan untuk eksperimen, termasuk persiapan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan mendukung pengoperasian sistem.

3.1.2 Analisis Kebutuhan Sistem dan Desain Sistem

Setelah perencanaan, dilakukan analisis kebutuhan sistem untuk menentukan fungsi dan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan. Analisis ini bertujuan untuk memahami cara kerja sensor, memilih mikrokontroler yang tepat, serta menentukan kebutuhan komunikasi antara perangkat IoT dan platform cloud. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perancangan dan desain sistem tempat sampah pintar secara keseluruhan, mencakup pembuatan diagram blok, flowchart, serta struktur perangkat keras dan perangkat lunak. Desain ini juga mencakup penghubungan antar komponen utama, seperti sensor, mikrokontroler, motor servo, dan komunikasi dengan platform cloud.

3.1.3 Implementasi dan Pengujian Sistem

Pada tahap implementasi, semua komponen yang telah dirancang disatukan untuk membentuk sistem yang utuh. Sistem kemudian diuji untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

Pengujian dilakukan untuk menilai kinerja sistem, seperti deteksi tingkat kepenuhan sampah, pemilahan jenis sampah secara otomatis, serta pengiriman data ke platform cloud untuk pemantauan jarak jauh. Hasil dari pengujian ini akan dianalisis lebih lanjut untuk melihat apakah sistem memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan atau jika ada bagian yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan. Berikut adalah flowchart yang menggambarkan perancangan sistem tempat sampah otomatis, yang mencakup tahapan implementasi dan pengujian untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

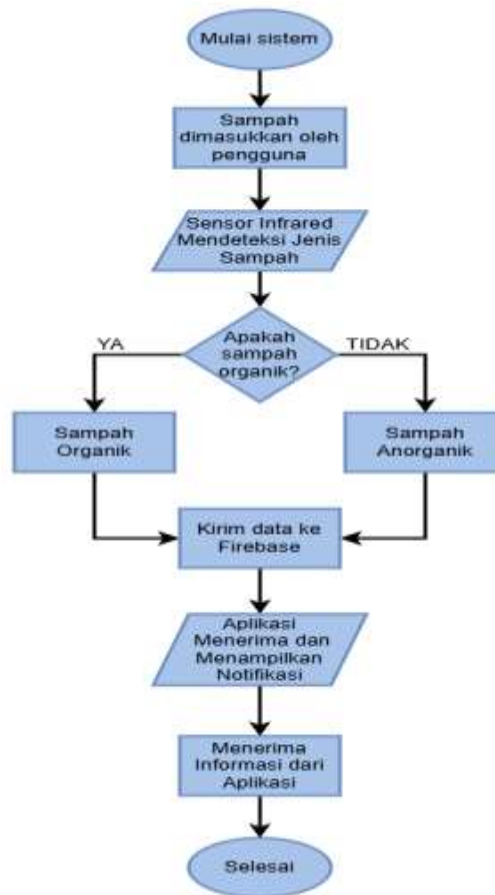
3.1.4 Analisis Hasil dan Penyempurnaan Sistem

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap hasil pengujian dan menilai kinerja sistem yang telah dikembangkan. Apabila terdapat kelemahan atau masalah pada sistem, langkah-langkah perbaikan akan diambil untuk meningkatkan kinerjanya agar lebih efektif dan efisien. Berdasarkan evaluasi tersebut, laporan penelitian akan disusun untuk menyajikan temuan-temuan yang diperoleh selama penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan sistem ke depannya. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT yang mampu memberikan solusi praktis dalam pengelolaan sampah secara otomatis dan efisien.

3.2 Alur Kerja Sistem

Langkah-langkah kerja sistem sebagai berikut:

1. Sampah dimasukkan ke dalam tempat sampah pintar. Pengguna (misalnya siswa) membuang sampah ke dalam alat.
2. Sensor infrared mendeteksi jenis sampah. Sensor membaca karakteristik material sampah untuk menentukan apakah itu organik atau anorganik.
3. Sistem memproses data dan mengaktifkan motor servo. Berdasarkan hasil deteksi, sistem menggerakkan motor servo untuk mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai organik atau anorganik.
4. Data status dikirim ke Firebase. Sistem mengirimkan data jenis sampah dan kapasitas tempat sampah ke Firebase Realtime Database.
5. Aplikasi Android menerima dan menampilkan notifikasi. Aplikasi Android yang terhubung ke Firebase akan menerima update secara real-time dan menampilkan notifikasi kepada pengguna mengenai: Jenis sampah yang masuk. Status kapasitas tempat sampah.
6. Petugas mendapat informasi dari aplikasi dan melakukan pengosongan tempat sampah. Berdasarkan notifikasi di aplikasi, petugas dapat mengambil tindakan lebih cepat untuk mengosongkan tempat sampah dan menjaga kebersihan lingkungan.



Gambar 3.2 Alur Kerja Sistem

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka. Pemilihan metode ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang lengkap mengenai pola pengelolaan sampah sekolah dasar serta mendukung pengembangan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT.

1. Observasi digunakan untuk mengamati secara langsung kebiasaan siswa dalam mengelola sampah serta kendala yang mereka hadapi, sehingga sistem yang dirancang dapat disesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan.

2. Wawancara dilakukan untuk menggali pemahaman lebih dalam mengenai kesadaran siswa dalam memilah sampah serta harapan mereka terhadap solusi otomatisasi dalam pengelolaan sampah.
3. Studi pustaka berfungsi sebagai dasar teoritis dalam pengembangan sistem, dengan mengacu pada berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, serta penelitian terdahulu yang membahas teknologi sensor dan IoT.

Dengan menggabungkan ketiga metode ini, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data yang akurat dan relevan, sehingga sistem tempat sampah pintar yang dikembangkan mampu memberikan solusi yang efektif dalam pemilahan sampah secara otomatis.

3.3.1 Observasi

Observasi dilakukan pada siswa SD Negeri 104279 Paya Itik untuk memahami bagaimana mereka mengelola sampah sehari-hari serta tantangan yang dihadapi. Pengamatan difokuskan pada kebiasaan siswa dalam membuang sampah, upaya pemilahan antara sampah organik dan anorganik, serta hambatan yang muncul, seperti keterbatasan fasilitas pendukung atau kurangnya pemahaman tentang pengelolaan sampah yang lebih efektif. Informasi yang diperoleh dari observasi ini digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT, yang bertujuan untuk membantu proses pemilahan sampah secara otomatis dan meningkatkan kesadaran siswa terhadap pentingnya pengelolaan sampah yang lebih efisien.

3.3.2 Wawancara

Wawancara ini dilakukan dengan pihak Sekolah Dasar SD Negeri 104279 Paya Itik untuk memahami kebiasaan dalam pengelolaan sampah serta kendala yang dihadapi di lingkungan sekolah. Hasil wawancara memberikan wawasan mengenai tingkat kesadaran siswa dan tenaga pendidik dalam memilah sampah, tantangan yang sering muncul, serta harapan mereka terhadap sistem pengelolaan sampah yang lebih praktis dan efisien. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam merancang sistem tempat sampah pintar berbasis IoT agar dapat berfungsi secara optimal dan sesuai dengan kebutuhan sekolah.

3.3.3 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan menelusuri berbagai sumber referensi yang berkaitan dengan pengembangan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT. Sumber yang digunakan meliputi jurnal penelitian, buku, serta dokumen ilmiah lainnya yang membahas teknologi sensor, mikrokontroler, dan metode pemilahan sampah otomatis.

Melalui studi pustaka ini, diperoleh pemahaman lebih mendalam mengenai prinsip kerja sensor ultrasonik, sensor proximity, motor servo, serta penerapan teknologi IoT dalam pemantauan sampah secara real-time. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai landasan dalam perancangan sistem agar dapat berfungsi secara optimal dan memenuhi kebutuhan pengguna.

3.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Februari hingga selesai di SD Negeri 104279 Paya Itik. Lokasi ini dipilih karena relevan dengan tujuan penelitian, yaitu memahami pola pengelolaan sampah di lingkungan sekolah. Kegiatan penelitian mencakup observasi, wawancara dengan siswa, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian tempat sampah pintar berbasis IoT. Proses ini dilakukan secara bertahap untuk memastikan sistem yang dikembangkan dapat digunakan secara efektif sesuai dengan kebutuhan sekolah dan meningkatkan kesadaran siswa terhadap pentingnya pemilahan sampah.

Tabel 3. 1 Rencana Penelitian

No	Tahapan Penelitian	Bulan Pelaksanaan				
		Feb	Mart	Apr	Mei	Jun
1.	Observasi & Wawancara					
2.	Perancangan Sistem					
3.	Implementasi Sistem					
4.	Pengujian & Evaluasi					
5.	Analisis Data & Kesimpulan					

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil implementasi dan pengujian dari sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT yang telah dirancang. Sistem ini dibangun dengan menggunakan beberapa komponen utama, yaitu ESP32 sebagai mikrokontroler, dua sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian sampah, sensor logam untuk mengenali sampah berbahan logam, sensor hujan untuk mendeteksi Sampah Organik, serta sensor inframerah (IR) untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah. Selain itu, dua servo motor digunakan untuk membuka dan menutup penutup tempat sampah secara otomatis, dan data dari sistem dikirim ke Firebase Realtime Database, yang terintegrasi dengan aplikasi Android buatan sendiri sebagai antarmuka pengguna.

4.1 Hasil Implementasi

Hasil implementasi perangkat ini menampilkan bentuk alat secara keseluruhan dari berbagai sudut.



Gambar 4. 1 tampilan depan alat

Gambar 4.1 diatas adalah gambar tempat sampah tampak depan, Sensor ultrasonik HC-SR04 dan servo terdapat di dalam tutup tempat sampah.



Gambar 4. 2 tampilan sensor ultrasonik dan servo

Gambar 4.2 di atas merupakan tampilan sensor ultrasonik dan servo yg terdapat pada ke 2 tempat sampah yaitu organik dan anorganik yang di letakkan di bawah tutup tempat sampah.



Gambar 4. 3 tampilan ESP32 pada bagian belakang

Gambar 4.3 diatas merupakan tampilan ESP32 dan soket untuk adaptor sebagai sumber daya buat berjalannya tempat sampah otomatis.

4.2 Hasil pengujian sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT berfungsi dengan baik dan terintegrasi secara optimal. Berikut adalah hasil pengujian dari masing-masing komponen:

4.2.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian sampah di dalam tempat sampah. Sensor ini diletakkan pada bagian bawah tutup tempat sampah, baik untuk tempat sampah organik maupun anorganik.

Pengujian dilakukan dengan menambahkan sampah secara bertahap ke dalam tempat sampah. Ketika jarak antara sensor dan permukaan sampah mencapai ambang batas yang ditentukan (sekitar 5 cm), sistem akan memperbarui status di Firebase menjadi "penuh". Status ini kemudian ditampilkan secara real-time di aplikasi Android dan notifikasi otomatis akan muncul pada layar pengguna.



Gambar 4. 4 Sensor ultrasonik



Gambar 4. 5 tampilan Realtime Database pada Firebase



Gambar 4. 6 tampilan notifikasi aplikasi android

4.2.2 Pengujian Sensor IR (Inframerah)

Sensor IR dipasang di bagian depan tempat sampah. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek, seperti tangan atau benda yang didekatkan. Saat objek terdeteksi, sistem memerintahkan servo untuk membuka penutup tempat sampah. Jika objek tidak lagi terdeteksi, penutup akan menutup kembali secara otomatis dalam waktu beberapa detik.



Gambar 4. 7 pengujian sensor IR

4.2.3 Pengujian Sensor Logam

Sensor logam digunakan untuk mendeteksi apakah jenis sampah yang dimasukkan berbahan logam. Ketika sensor logam mendeteksi logam, sinyal digital diterima oleh ESP32. ESP32 kemudian menetapkan bahwa sampah tersebut adalah sampah anorganik. Berdasarkan keputusan tersebut, ESP32 mengatur servo untuk membuka tutup tempat sampah anorganik.



Gambar 4. 8 pengujian sensor logam

4.2.4 Pengujian Sensor Hujan

Sensor hujan dimanfaatkan untuk mengenali karakteristik sampah organik yang cenderung basah atau lembap. Ketika sensor hujan mendeteksi kelembapan, ESP32 membaca sinyalnya dan menentukan bahwa sampah yang dimasukkan adalah organik. Maka ESP32 menggerakkan servo untuk membuka tutup tempat sampah organik.



Gambar 4. 9 pengujian sensor hujan

4.2.5 Pengujian Servo Motor

Servo motor berfungsi untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah berdasarkan hasil deteksi jenis sampah. ESP32 mengontrol dua buah servo motor. Ketika sampah organik terdeteksi, servo motor membuka tutup tempat sampah organik. Ketika anorganik terdeteksi, servo lainnya membuka tutup tempat sampah anorganik. Setelah beberapa detik, tutup akan tertutup kembali.



Gambar 4. 10 pengujian servo motor

4.2.6 Pengujian Firebase Realtime Database

Firebase Realtime Database digunakan sebagai tempat penyimpanan data status ketinggian sampah yang diperoleh dari sensor ultrasonik dan diproses oleh ESP32. Sistem ini tidak mengirimkan seluruh data dari semua sensor ke Firebase, melainkan hanya Informasi status tempat sampah berdasarkan jarak yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik.

Setelah ESP32 mendeteksi bahwa ketinggian sampah telah melewati ambang batas tertentu (misalnya di bawah 5 cm dari sensor), maka ESP32 akan mengirimkan pembaruan status ke Firebase secara otomatis.



Gambar 4. 11 tampilan pengujian firebase

4.2.7 Pengujian Aplikasi Android

Aplikasi Android yang telah dikembangkan berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk memantau status tempat sampah secara real-time. Aplikasi ini terhubung langsung dengan Firebase Realtime Database, sehingga setiap perubahan status yang dikirim oleh ESP32 ke Firebase akan segera ditampilkan pada aplikasi.

Ketika status tempat sampah berubah, misalnya dari "kosong" menjadi "penuh", aplikasi akan secara otomatis memperbarui tampilan informasi di halaman utama. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi lokal kepada pengguna sebagai peringatan bahwa tempat sampah perlu segera dikosongkan.



Gambar 4. 12 tampilan notifikasi aplikasi android

Setelah dilakukan pengujian terhadap seluruh komponen sistem Tempat Sampah Pintar berbasis IoT, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa sebagian besar fitur bekerja sesuai dengan fungsinya. Tabel berikut merangkum hasil pengujian dari masing-masing komponen, termasuk perbandingan antara hasil yang diharapkan dengan hasil aktual di lapangan:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem Tempat Sampah Pintar

No	Komponen/System	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Sensor Ultrasonik	Mengukur ketinggian sampah dengan akurat	Menampilkan status dan notifikasi real-time	Berhasil
2	Sensor IR	Mendeteksi plastik dalam sampah	Mendeteksi dengan cepat dan akurat	Berhasil
3	Sensor Logam	Mendeteksi logam dalam sampah	Terdeteksi meski ukuran kecil	Berhasil
4	Sensor Hujan	Mendeteksi sampah organik basah	Bekerja baik, kadang tidak konsisten	Cukup Berhasil
5	Servo Motor	Membuka dan menutup otomatis	Berfungsi normal, sesuai logika pemrograman	Berhasil
6	Firestore Realtime DB	Menerima dan menyimpan data dari ESP32	Data terkirim dan tersimpan dengan baik	Berhasil
7	Aplikasi Android	Menampilkan status dan notifikasi real-time	Status tampil sesuai data Firestore, notifikasi muncul	Berhasil

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT berfungsi sesuai dengan perancangan awal, di mana setiap komponen mampu menjalankan tugasnya dengan baik dan saling terintegrasi secara optimal. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi tinggi sampah secara real-time dengan akurasi yang cukup baik, sementara sensor IR dapat membaca keberadaan objek secara responsif. Sensor logam dan sensor hujan juga berperan dalam klasifikasi jenis sampah, meskipun diperlukan penyetelan sensitivitas untuk meningkatkan keakuratannya. Servo motor bekerja optimal dalam membuka

dan menutup penutup tempat sampah sesuai perintah dari mikrokontroler dengan waktu delay yang telah disesuaikan. Data status sampah berhasil dikirimkan secara otomatis ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan secara real-time pada aplikasi Android. Aplikasi ini juga menampilkan informasi secara user-friendly dan memberikan notifikasi lokal ketika tempat sampah penuh. Secara keseluruhan, sistem berjalan secara otomatis tanpa perlu intervensi manual, membuktikan bahwa seluruh integrasi antara sensor, mikrokontroler, Firebase, dan aplikasi telah berjalan secara efektif dan efisien.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan pengujian, sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT berhasil berjalan sesuai rencana. Sistem mampu memantau dan mengklasifikasi sampah secara otomatis menggunakan kombinasi sensor, serta mengirimkan data ke Firebase Realtime Database melalui ESP32. Aplikasi Android menampilkan status secara real-time dan memberikan notifikasi saat tempat sampah penuh. Servo motor juga berfungsi responsif dalam membuka dan menutup penutup. Secara keseluruhan, sistem menunjukkan performa yang baik dan integrasi komponen yang efektif.

5.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan agar sistem menjadi lebih optimal, di antaranya:

1. Menambahkan fitur pembacaan volume sampah secara lebih presisi dengan sensor tambahan seperti load cell (sensor berat).
2. Meningkatkan efisiensi daya dengan menggunakan mode hemat energi pada ESP32 agar sistem dapat berjalan lebih lama.
3. Mengembangkan aplikasi Android agar dapat menampilkan grafik riwayat penuhnya tempat sampah.
4. Menambahkan fitur notifikasi berbasis cloud (FCM) agar pesan dapat diterima meskipun aplikasi dalam keadaan tertutup sepenuhnya.
5. Melakukan kalibrasi sensor secara rutin untuk mempertahankan akurasi deteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Guesdy Cadrino, 2Yo Ceng Giap. 2021. "RANCANG TEMPAT SAMPAH PINTAR PEMILAH LOGAM DAN NON LOGAM DENGAN METODE METAL PROXIMTIY DAN ARDUINO R3 UNO 1." *JURNAL ALGOR II*(2): 11–22.
- Indra Satmata, Subahtiyar, M.Jasa Afroni, and Sugiono Sugiono. 2022. "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Pemilah Logam, Non Logam Dan Organik Otomatis Berbasis IOT (Internet Of Things)." *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer* 4(2): 69–73. doi:10.33650/jeecom.v4i2.4316.
- Ismail, Ismail, Andi Zulkifli Nusri, and Syariful Rahman. 2023. "Sistem Smart Trash Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Berbasis Internet of Things." *Jurnal SAINTEKOM* 13(2): 193–201. doi:10.33020/saintekom.v13i2.487.
- Ismail, Mualief, Riska K. Abdullah, and Syahrir Abdussamad. 2021. "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* 3(1): 7–12. doi:10.37905/jjee.v3i1.8099.
- Kurniawan, Ade Agung, and Suci Rahmawati. 2024. "Jurnal KomtekInfo Smart Tong Sampah Pendeteksi Otomatis Sampah Organik &." 11(3): 163–72. doi:10.35134/komtekinfo.v11i3.564.163.
- Nindya Ovitassari, Ketut Sherly, Dea Cantrika, Yolandari Ayu Murti, Erwin Satria Widana, and I Gede Agus Kurniawan. 2022. "Edukasi Pengolahan Sampah Organik Dan Anorganik Di Desa Rejasa Tabanan." *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 4(2): 352. doi:10.20527/btjpm.v4i2.4986.
- Guesdy Cadrino, 2Yo Ceng Giap. 2021. "RANCANG TEMPAT SAMPAH PINTAR PEMILAH LOGAM DAN NON LOGAM DENGAN METODE METAL PROXIMTIY DAN ARDUINO R3 UNO 1." *JURNAL ALGOR II*(2): 11–22.
- Indra Satmata, Subahtiyar, M.Jasa Afroni, and Sugiono Sugiono. 2022. "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Pemilah Logam, Non Logam Dan Organik Otomatis Berbasis IOT (Internet Of Things)." *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer* 4(2): 69–73. doi:10.33650/jeecom.v4i2.4316.
- Ismail, Ismail, Andi Zulkifli Nusri, and Syariful Rahman. 2023. "Sistem Smart Trash Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Berbasis Internet of Things." *Jurnal SAINTEKOM* 13(2): 193–201. doi:10.33020/saintekom.v13i2.487.
- Ismail, Mualief, Riska K. Abdullah, and Syahrir Abdussamad. 2021. "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* 3(1): 7–12. doi:10.37905/jjee.v3i1.8099.
- Kurniawan, Ade Agung, and Suci Rahmawati. 2024. "Jurnal KomtekInfo Smart Tong Sampah Pendeteksi Otomatis Sampah Organik &." 11(3): 163–72. doi:10.35134/komtekinfo.v11i3.564.163.
- Nindya Ovitassari, Ketut Sherly, Dea Cantrika, Yolandari Ayu Murti, Erwin Satria Widana, and I Gede Agus Kurniawan. 2022. "Edukasi Pengolahan Sampah Organik Dan Anorganik Di Desa Rejasa Tabanan." *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 4(2): 352. doi:10.20527/btjpm.v4i2.4986.

- REVINA YUNANDA, “Kajian Pengelolaan Sampah Di Sdn Rejowinangun 3 Yogyakarta,” 2020, [Online]. Available: <http://poltekkesjogja.ac.id>
- E. C. Nugroho, A. R. Pamungkas, and I. P. Purbaningtyas, “Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560,” *Go Infotech J. Ilm. STMIK AUB*, vol. 24, no. 2, p. 124, 2018, doi: 10.36309/goi.v24i2.96.
- M. Yunus, “Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino,” *Proceeding STIMA*, vol. 1, no. 1, pp. 340–343, 2018.[5].
- B. A. B. Iii and P. Sistem, “,” *Blok Diagram*, "pp. 29-44. [10] A. E. Widodo, "Otomatisasi Pemilah Sampah Berbasis Arduino Uno, "vol 6,no.1,pp. 12-18, 2020
- Widodo, Y.B., Sutabri, T. and Faturahman, L., 2019. Tempat sampah pintar dengan notifikasi berbasis iot. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 5(2), pp.50-57.
- Santoso, B., Dewi, R., & Setiawan, A. (2023, Juni). Sistem Cerdas Pemilah Sampah Logam Non-Logam dan Penghitung Volume Sampah. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi p-* ISSN: 2088-3714, e-ISSN: 2460-7681, 15, 100-115