

**PENGEMBANGAN SISTEM SMART RUBBISH ORGANIK & NON
ORGANIK OTOMASI BERBASIS IOT**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

NURUL HAKIKI LUBIS

2109020148



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

**PENGEMBANGAN SISTEM SMART RUBBISH ORGANIK & NON
ORGANIK OTOMASI BERBASIS IOT**

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**

NURUL HAKIKI LUBIS

2109020148

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

LEMBAR PENGESAHAN

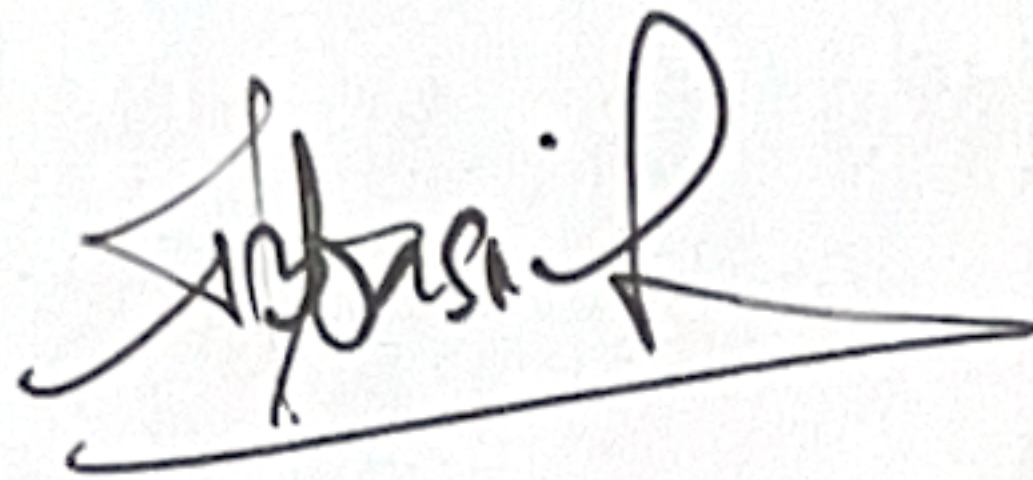
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Smart Rubbish Organik & Non
Organik otomasi berbasis IOT

Nama Mahasiswa : Nurul Hakiki Lubis

NPM : 2109020148

Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui Komisi Pembimbing



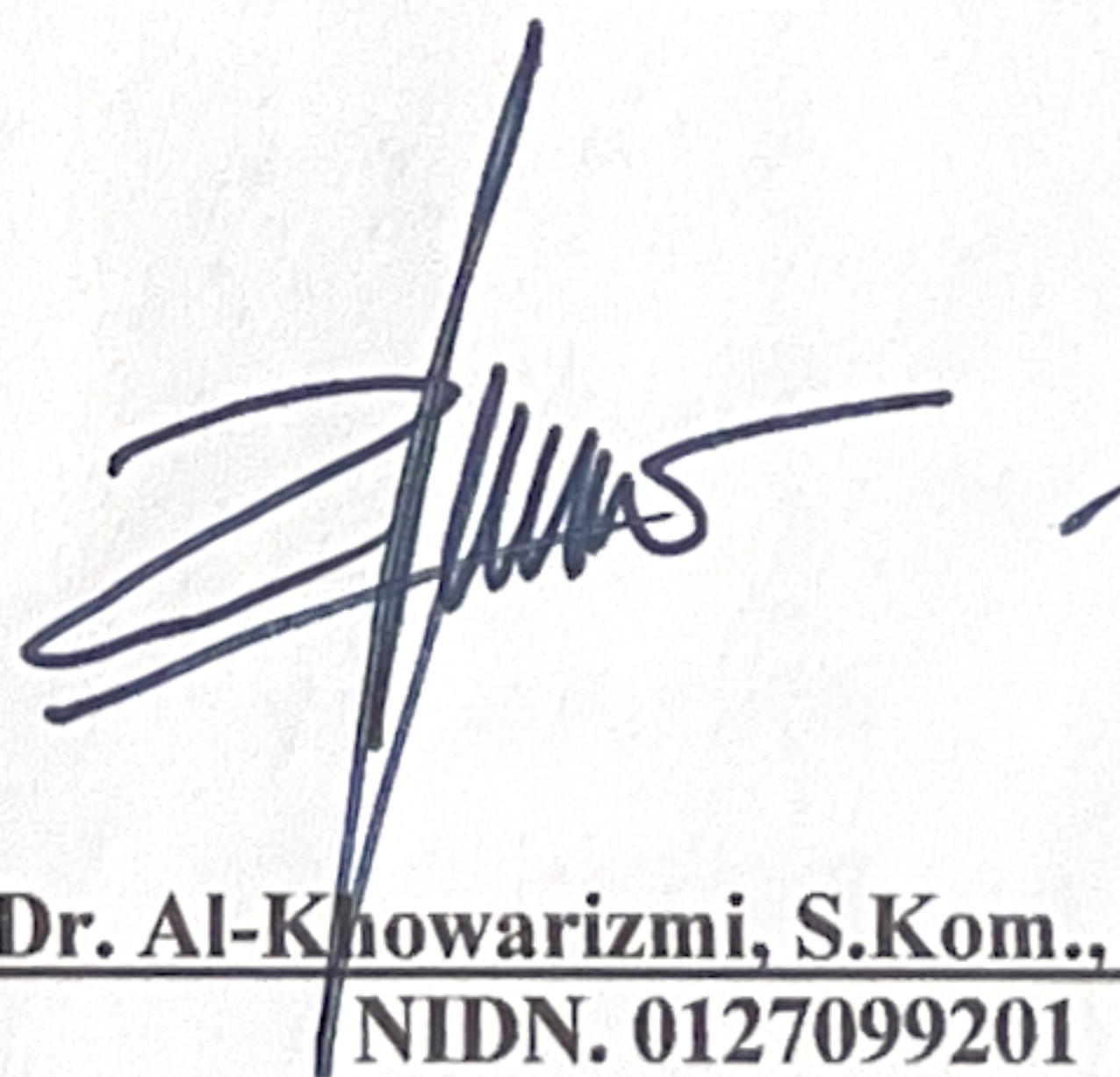
(Mhd. Basri, S.Si, M.Kom)
NIDN. 0111078802

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

PENGEMBANGAN SISTEM SMART RUBBISH ORGANIK & NON ORGANIK OTOMASI BERBASIS IOT

SKRIPSI

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

Medan, Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Nurul Hakiki Lubis

NPM. 2109020148

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nurul Hakiki Lubis

NPM : 2109020148

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 :

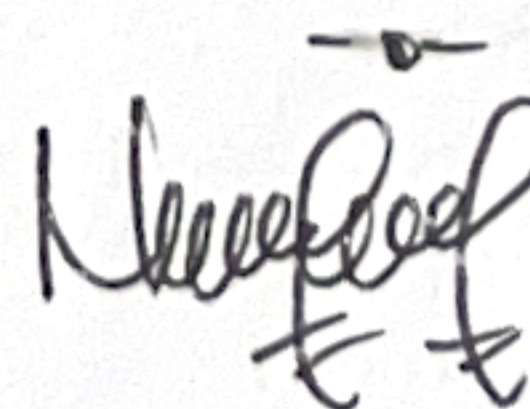
PENGEMBANGAN SISTEM SMART RUBBISH ORGANIK & NON ORGANIK OTOMASI BERBASIS IOT

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, Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Nurul Hakiki Lubis

NPM. 2109020148

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Nurul Hakiki Lubis
Tempat dan Tanggal Lahir	: Medan, 30 November 2001
Alamat Rumah	: Jln. Limau Manis, Psr 13, Tanjung Morawa, Kel. Limau Manis, Kab. Deli Serdang
Telepon/Faks/HP	: 081378209187
E-mail	: nurulhakikilubiss@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: Negeri 107399	Tamat : 2014
SMP	: MTs Nurul Iman	Tamat : 2017
SMA	: SMA Citra Bangsa	Tamat : 2020

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil ‘aalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

“Pengembangan Sistem Smart Rubbish Organik & Non organik Ototmasi Berbasis Iot”

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

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., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Bapak Halim Maulana, S.T., M.Kom., selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
4. Bapak Lutfi Basit, S.Sos., M.I.Kom., selaku Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
6. Bapak Mhd. Basri, S.Si., M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi sekaligus dosen pembimbing yang bukan hanya membimbing secara akademik, tetapi juga menjadi pengarah, penyemangat, dan motivator yang luar biasa. Terimakasih yang sebesar-besarnya atas waktu, kesabaran, dan perhatian yang bapak berikan selama proses

penulisan skripsi ini. Tanpa bimbingan dan dukungan yang tulus dari bapak, mungkin skripsi ini belum selesai. Setiap motivasi dan nasihat dari bapak selalu menjadi penyemangat saat penulis merasa lelah. Terimakasih Telah mempermudah setiap proses, selalu membuka pintu konsultasi dengan lapang, dan memahami setiap kesulitan bagi penulis hadapi. Bapak bukan hanya membimbing dengan ilmu, tetapi juga dengan hati. Semoga ALLAH SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, serta balasan terbaik untuk setiap kebaikan yang bapak berikan.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan bekal ilmu Teknologi Informasi kepada penulis.
8. Kepada sosok yang sangat istimewa dan sangat berjasa di hidup saya yaitu kedua orang tua tercinta, terkasih, tersayang, cinta pertamaku dan panutanku yaitu Ayahanda M.Kadir Zailani Lubis dan pintu surgaku Ibunda Sumiati Saragih. Terima kasih banyak atas segala pengorbanan, dukungan, motivasi, nasehat serta do'a tulus kasih yang tidak pernah putus dipanjatkan dalam setiap sujudnya memohon ridho dari Sang Maha Pencipta agar setiap langkah untuk anak-anaknya selalu di ridhoi dalam segala hal . Peneliti menyadari bahwa tidak ada kata yang mampu sepenuhnya menggambarkan rasa syukur ini. Namun, dengan penuh cinta dan ketulusan izinkan peneliti ini mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada kalian . terimakasih atas segalanya , terimakasih untuk doanya ,dukungan dan cinta yang tiada henti-hentinya kalian berikan kepada peneliti, khususnya sepanjang perjalanan peneltian skripsi ini , dan terimakasih telah menjadi orang tua yang supportif .Terimakasih telah berjuang bersama peneliti, mengorbankan banyak waktu, tenaga dan upaya untuk mendukung peneliti meraih impian. Tanpa kehadiran kalian, orang tua yang sangat luar biasa inspirasi dan kekuatan yang tak tergantikan bagi peneliti . dan saya berharap dan selalu berdoa semoga ayah dan mama hidup lebih lama lagi untuk menemani setiap proses & perjalanan hidup saya, iiloveyou more more more.
9. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat-sahabat terbaik yang selalu hadir memberikan dukungan, semangat,

serta menjadi tempat berbagi suka dan duka selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Kebersamaan, canda tawa, serta motivasi dari kalian telah menjadi bagian yang sangat berarti dalam perjalanan ini.

10. Kepada partner hidup saya yang tak kalah penting kehadirannya, yaitu Rafli Hawardi Pasaribu. yang menjadi salah satu penyemangat peneliti. Karena, selalu ada dalam suka maupun duka dan tak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan serta bantuan baik tenaga, pikiran, materi maupun moril. Terimakasih banyak telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya dan berkontribusi banyak dari penulisan skripsi ini. Telah menjadi rumah tempat berkeluh kesahku diwaktu lelahmu, menjadi pendengar yang baik, menghibur, penasihat yang baik, senantiasa memberikan cinta dan semangat untuk pantang menyerah. Semoga Allah menggantikannya berkali-kali lipat dan sukses selalu kedepannya untuk kita berdua Aamin.
11. Terakhir, terimakasih kepada wanita sederhana yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit dimengerti isi kepalanya, sang penulis karya tulis ini yaitu diri saya sendiri, Nurul Hakiki Lubis. Seorang anak sulung yang berjalan menuju usia 24 tahun yang keras kepala namun terkadang sifatnya seperti anak kecil pada umumnya. Terimakasih ya telah hadir di dunia dan sudah bertahan sampai sejauh ini melewati banyaknya tantangan dan rintangan yang alam semesta berikan. Terimakasih kamu hebat, saya bangga atas pencapaian yang telah diraih dalam hidupmu dan selalu merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau seringkali pengharapan tidak sesuai dengan ekspektasi, namun harus tetap bersyukur terimakasih selalu mau berusaha, bekerjasama dan tidak lelah mencoba hal-hal positif saya yakin dengan usaha, dan kebaikan-kebaikan dan do'a yang selalu kamu langitkan Allah sudah merencanakan beberapa pilihan yang tidak terduga pastinya terbaik buat dirimu. Berbahagialah selalu dimanapun kapanpun kamu berada, Nurul. Rayakan selalu kehadiranmu jadilah bersinar dimanapun kamu memijakkan kaki. Semoga Langkah kebaikan terus berada padamu dan semoga Allah selalu meridhoi setiap perbuatanmu dan selalu dalam lindungan-Nya.
12. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari

kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknologi Informasi khususnya. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Mei 2025

Penulis

Nurul Hakiki Lubis

Development of IoT-based Automated Organic & Non-organic Smart Rubbish System

Abstract

The increasingly complex waste management problems in Indonesia, especially in the Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) sector, require innovative and efficient solutions. This study aims to design and develop an automatic waste sorting system based on the Internet of Things (IoT), which is able to distinguish between organic and non-organic waste in real-time. This system uses a combination of capacitive proximity sensors to detect waste types, ultrasonic sensors to monitor trash bin capacity, and an ESP32 microcontroller as a control center. The sorting mechanism is carried out automatically by a servo motor based on data from the sensor, while system status information is displayed via a 16x2 LCD and sent via the web and Telegram notifications. The research was conducted in an MSME environment with an observation and interview approach, as well as through the process of needs analysis, system design, implementation, and evaluation. The results of the test show that the system is able to increase waste sorting efficiency, reduce dependence on manual labor, and support more environmentally friendly and sustainable waste management. This system contributes to the development of modern waste management technology that can be adapted to small to medium scales.

Keywords : IoT, automatic waste sorting, ESP32, proximity sensor, ultrasonic sensor, smart rubbish, organic waste, non-organic waste, UMKM, intelligent system

Pengembangan Sistem Smart Rubbish Organik & Non organik Otomatis Berbasis IoT

Abstrak

Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia yang semakin kompleks, khususnya di sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), membutuhkan solusi yang inovatif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemilahan sampah otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu membedakan sampah organik dan nonorganik secara real-time. Sistem ini menggunakan kombinasi sensor proximity kapasitif untuk mendeteksi jenis sampah, sensor ultrasonik untuk memantau kapasitas tempat sampah, dan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Mekanisme pemilahan dilakukan secara otomatis oleh motor servo berdasarkan data dari sensor, sedangkan informasi status sistem ditampilkan melalui LCD 16x2 dan dikirim melalui notifikasi web dan Telegram. Penelitian dilakukan di lingkungan UMKM dengan pendekatan observasi dan wawancara, serta melalui proses analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan efisiensi pemilahan sampah, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, dan mendukung pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Sistem ini berkontribusi pada pengembangan teknologi pengelolaan sampah modern yang dapat diadaptasi pada skala kecil hingga menengah.

Kata kunci : IoT, pemilahan sampah otomatis, ESP32, sensor jarak, sensor ultrasonik, sampah pintar, sampah organik, sampah non-organik, UMKM, sistem cerdas

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI	iv
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRACT	x
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
 BAB II LANDASAN TEORI.....	 5
2.1 Pengertian Sampah	5
1. Sampah Organic.....	6
2. Sampah Non Organic	6
2.2 Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM).....	6
2.3 Pengepul Sampah.....	6
2.4 Internet of Things (IoT) dalam Pengelolaan Sampah	7
2.5 Perangkat Lunak Yang Digunakan	7
2.5.1 Esp	7
2.5.2 Sensor Proximity	8
2.5.3 Servo.....	9
2.5.4 Sensor Ultrasonic.....	9
2.5.6 LCS 16x2.....	10
2.5.7 Sensor DHT22	11
2.6 Flowchart	11
2.7 Penelitian Terdahulu	13
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 18

3.1	Metode Pengumpulan Data.....	18
	A. Observasi.....	18
	B. Wawancara.....	18
3.2	Langkah / Prosedur Penelitian.....	19
	1) Analisis Kebutuhan.....	20
	2) Perancangan Alat.....	20
	3) Implementasi dan Uji	20
	4) Evaluasi dan Hasil	20
3.3	Metode Perancangan Sistem.....	21
3.4	Lingkungan Penelitian.....	23
	3.4.1 Lokasi dan Waktu.....	23
	3.4.2 Waktu Penelitian	23
3.5	Alat dan Bahan	24
3.6	Perancangan Sistem.....	26
3.7	Diagram Blok	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil Penelitian	33
4.2	Hasil Rancangan Alat.....	34
4.3	Pengujian dan Analisis Perangkat Keras	36
	4.3.1 Pengujian Mikrokontroler ESP32	36
	4.3.2 Pengujian Sensor Proximity.....	36
	4.3.3 Pengujian Motor Servo MG996.....	37
	4.3.4 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	38
	4.3.5 Pengujian LCD 16x2	39
	4.3.6 Pengujian Sistem Telegram	39
	4.3.7 Pengujian Aplikasi Telegram.....	42
	4.3.8 Implementasi Coding	43
	4.3.9 Hasil Pemantauan Ketinggian Tong Sampah	54
	4.3.10 Riwayat Monitoring Tong Sampah.....	55
	4.3.11 Grafik Jumlah Data pada Setiap Entitas Sistem	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Flowchart.....	12
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	14
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	23
Tabel 3.2 Alat dan Bahan.....	25
Tabel 4.1 Parameter Deteksi Sampah.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sampah Organik	6
Gambar 2.2 Sampah Non-Organic	7
Gambar 2.3 Mikrokontroller ESP32.....	9
Gambar 2.4 Sensor Proximity	10
Gambar 2.5 Servo	11
Gambar 2.6 Sensor Ultrasonic.....	11
Gambar 2.7 LCD	12
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	19
Gambar 3.2 Flowchart.....	21
Gambar 3.3 Kerangka Circuit.....	27
Gambar 3.4 Diagram Blok.....	30
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat	35
Gambar 4.2 Hasil Sensor Ultrasonic HC-SR04.....	38
Gambar 4.3 Langkah Membuat Bot Telegram	41
Gambar 4.4 Tampilan Peringatan Notifikasi Telegram	42
Gambar 4.5 Hasil Pemantauan Ketinggian Tong sampah Organik & Non Organik secara Real-time	54
Gambar 4.6 Hasil Pemantauan Ketinggian Tong sampah Organik & Non Organik secara Real-time	55
Gambar 4.7 Riwayat Monitoring Tong Sampah Organik & Non organik	55
Gambar 4.8 Grafik Jumlah Data Pada Setiap Entitas Sistem Sortir Sampah	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Masalah sampah, yang merupakan ancaman besar bagi kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan, merupakan masalah global yang kompleks dan terus berkembang (Bank Dunia, 2021). Jumlah sampah yang dihasilkan di seluruh dunia diperkirakan akan meningkat drastis, dari 2,01 miliar ton pada tahun 2016 menjadi 3,4 miliar ton pada tahun 2050 (Bank Dunia, 2018). Urbanisasi yang pesat dan pertumbuhan penduduk di Indonesia telah memperburuk masalah ini, yang menyebabkan peningkatan volume sampah yang signifikan dan kelebihan kapasitas penanganan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023). Akibatnya, terjadi penumpukan sampah di berbagai wilayah, menyebabkan pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, dan kerugian ekonomi yang besar (BPS, 2024). Sistem pengelolaan sampah yang masih konvensional dan terfragmentasi, ditambah dengan rendahnya kesadaran masyarakat, menjadi faktor utama penyebab krisis sampah ini (Supriyanto et al., 2022). Ketidakmampuan dalam mengelola sampah secara efektif dan efisien berdampak negatif pada kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat, memerlukan solusi inovatif dan terintegrasi untuk mengatasinya (WHO, 2020).

Menurut Sustainable Waste Management Review (2023), lebih dari 60% sampah perkotaan dihasilkan dari aktivitas komersial, termasuk UMKM di sektor makanan, minuman, dan ritel. Sampah yang dihasilkan dari sektor ini cenderung tidak terpilah dengan baik, menyebabkan tingkat daur ulang yang rendah dan meningkatkan beban Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sistem pengelolaan sampah di UMKM masih bersifat konvensional, di mana sebagian besar sampah dibuang tanpa pemilahan (Circular Economy Journal, 2022). Selain itu, jumlah tempat pembuangan sampah yang tidak memadai dan rendahnya kesadaran dalam memilah sampah turut memperparah kondisi ini.

Proses pemilahan sampah, baik di tingkat rumah tangga maupun di tempat pembuangan akhir (TPA), masih banyak dilakukan secara manual, yang memiliki keterbatasan dan risiko kesehatan yang signifikan bagi para pemilah (Kusumawardani et al., 2023). Efisiensi pemilahan manual juga rendah, dengan tingkat akurasi yang kurang optimal, mengakibatkan banyak sampah yang seharusnya dapat didaur ulang justru berakhir di TPA (Harto et al., 2019). Kondisi ini juga berdampak pada kesehatan lingkungan dan ekonomi, karena mengurangi potensi daur ulang dan meningkatkan biaya pengelolaan sampah. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam sistem pemilahan sampah untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko kesehatan para pemilah.

Setelah proses pemilahan, sampah kemudian dikumpulkan oleh pengepul sampah, yang berperan penting dalam rantai pengelolaan sampah (Khan et al., 2020). Peran pengepul sampah dalam sistem pengelolaan sampah perlu diperhatikan dan ditingkatkan, karena mereka merupakan bagian integral dalam proses daur ulang dan pengurangan sampah (Wulandari, 2024). Peningkatan kapasitas dan pemberdayaan pengepul sampah dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pengelolaan sampah secara keseluruhan.

Penguraian teknologi sampah yang ada saat ini masih terbatas dan belum mampu mengatasi kompleksitas jenis sampah modern (Nurhayati, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi pengolahan sampah yang lebih ramah lingkungan dan efisien, yang mampu mengolah berbagai jenis sampah dengan efektif (Febriani et al., 2020). Penelitian dan pengembangan teknologi pengolahan sampah yang inovatif menjadi kunci untuk mengatasi permasalahan sampah yang kompleks ini.

Internet of Things (IoT) telah menjadi salah satu inovasi utama dalam pengelolaan sampah modern. Menurut (Gracias et al., 2023), integrasi teknologi IoT dengan sistem pemilahan sampah otomatis dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah perkotaan hingga 75%. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi

permasalahan pengelolaan sampah yang kompleks ini (Arifianto et al., 2024). Sistem pengelolaan sampah pintar berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan meminimalisir dampak lingkungan (Anshori & et al., 2022). Otomatisasi proses pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan sampah melalui teknologi IoT dapat meningkatkan akurasi pemilahan, mengurangi tenaga kerja mengurangi beban kerja manusia dan mempercepat proses daur ulang (Raharjo & Rinawati, 2019). Sistem ini menggunakan sensor yang terpasang pada tong sampah, truk sampah, dan fasilitas pengolahan sampah untuk melacak dan meningkatkan keseluruhan proses pengelolaan sampah. Sensor-sensor ini kemudian digabungkan ke dalam platform Internet of Things (IoT) (Kusuma, 2021). Dengan demikian, penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberikan solusi praktis dan berkelanjutan untuk permasalahan sampah di Indonesia. Untuk mengatasi permasalahan ini, penulis melakukan studi berjudul "Pengembangan Sistem Pembuangan Sampah Otomatis Cerdas Berbasis IoT untuk Sampah Organik dan Non-Organik."

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat latar belakang masalah tersebut di atas, pertanyaan penelitiannya adalah: Bagaimana sistem pengelolaan sampah pintar organik dan non-organik otomatis berbasis Internet of Things dapat dikembangkan?

1.3 Batasan Masalah

Tujuan dari batasan masalah penelitian ini adalah untuk menentukan parameter penelitian agar dapat dilakukan secara terkonsentrasi dan terarah. Berikut ini adalah batasan masalah penelitian ini :

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini berfokus

pada pemilahan sampah antara jenis organik dan anorganik. Jenis sampah lain seperti sampah berbahaya, medis, atau elektronik tidak tercakup dalam sistem ini.

1. Fitur pemantauan jarak jauh dan pengiriman notifikasi kepada petugas kebersihan melalui monitoring web dan telegram .
2. Menggunakan komponen mikrokontroler ESP32 seperti servo, sensor ultrasonik, sensor proximity , sensor DHT22, dan LCD 16x2
3. Penelitian inifokus pada deteksi sampah organik dan non-organik yang tidak dicampur dalam satu wadah plastik. Artinya, sistem hanya akan berfungsi dengan baik jika sampah organik dan non- organik dipisahkan ke dalam wadah yang berbeda.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin di capai pada penelitian ini adalah :

1. Merancang dan mengembangkan sistem pemilahan sampah otomatis berbasis IoT.
2. Sistem smart rubbish ini yang didukung dengan IoT dapat memantau tingkat pengisian di tempat sampah, dan memberi tahu pengempul sampah bahwa sampah telah penuh .
3. Mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dalam proses pemilahan sampah

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan efisiensi proses pemilahan sampah melalui otomatisasi.
2. Mengurangi risiko kontaminasi silang pada aliran sampah.
3. Memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pengelolaan sampah yang lebih modern bagi si pengempul sampah.
4. Membantu mengurangi beban tenaga kerja dalam proses pemilahan sampah.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Sampah

Sampah adalah sisa material yang tidak terpakai dan dibuang setelah digunakan untuk kegiatan sehari-hari. Sampah didefinisikan sebagai sisa-sisa padatan dari proses alam dan/atau aktivitas manusia sehari-hari berdasarkan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2008). UMKM berperan penting dalam pengelolaan sampah karena mereka memungkinkan sistem sampah pintar berbasis IoT untuk pengelolaan sampah yang efektif dan mempekerjakan petugas pengumpul sampah yang mengumpulkan dan mendaur ulang sampah (Sumber: Bulelengkab). Sampah dibagi menjadi dua kategori berdasarkan karakteristik dekomposisinya, yaitu: (Hasim & Hediando, 2010:58):

Sampah yang Dapat terurai secara alami, seperti sisa makanan, daun, dan kayu (Susanto, 2018).



Gambar 2.1 Sampah Organic

Sumber: <https://d12man5gwydfvl.cloudfront.net/wp-content/uploads/2018/10/Sampah-Organik-Adalah-1.jpg>

1. Sampah Non Organic

Sampah yang Tidak mudah terurai, seperti plastik, kaca, logam, dan elektronik (Putri & Hidayat, 2019).



Gambar 2.2 Sampah Non-Organic

Sumber: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.2wOZHJUKHHzluzcl6HTWJXwHaE7&pid=Api&P=0&h=220>

2.2 Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM)

UMKM, atau usaha kecil dan menengah, sangat penting bagi perekonomian meskipun memiliki keterbatasan pendanaan. UMKM berkontribusi pada industri pengelolaan sampah dengan mendaur ulang dan mengubah sampah menjadi barang bernilai ekonomi, seperti kompos, kerajinan tangan, dan bahan daur ulang lainnya (Kementerian Koperasi dan UKM, 2021).

2.3 Pengepul Sampah

Pengepul sampah adalah individu atau kelompok yang mengumpulkan, memilah, dan menjual kembali sampah yang masih memiliki nilai ekonomi kepada industri daur ulang atau pabrik pengolahan sampah. Pengepul berperan penting dalam rantai daur ulang karena menjadi penghubung antara masyarakat dan industri daur ulang (Wijayanto, 2022).

2.4 Internet of Things (IoT) dalam Pengelolaan Sampah

Untuk berbagi data dan informasi, perangkat elektronik saling terhubung melalui internet, sebuah konsep yang dikenal sebagai Internet of Things (IoT). Teknologi IoT dapat diterapkan pada pengelolaan sampah untuk

1. Memantau kapasitas tempat sampah secara real-time (Yulianto & Sari, 2020).
2. Mengidentifikasi jenis sampah secara otomatis menggunakan sensor (Hernawan, 2021).
3. Mengoptimalkan proses pengangkutan sampah dengan sistem otomatisasi (Fauzi et al., 2022).

Sistem pengelolaan sampah dapat meningkatkan efisiensinya, mendorong keberlanjutan lingkungan, dan memisahkan sampah organik dan non-organik secara lebih efektif dengan memanfaatkan teknologi IoT.

4. Menggunakan sensor untuk mengidentifikasi berbagai jenis sampah secara otomatis (Hernawan, 2021).
5. Menggunakan solusi otomatis untuk menyederhanakan prosedur pengangkutan sampah (Fauzi dkk., 2022).

Sistem pengelolaan sampah dapat meningkatkan efisiensinya, mendorong keberlanjutan lingkungan, dan memisahkan sampah organik dan non-organik secara lebih efektif dengan memanfaatkan teknologi IoT.

2.5 Perangkat lunak yang digunakan

2.5.1 ESP32

Espressif Systems menciptakan mikrokontroler ESP32, yang memiliki arsitektur dual-core, daya komputasi yang kuat, serta koneksi Bluetooth dan Wi-Fi. Karena konsumsi daya yang rendah dan fleksibilitasnya dalam menangani berbagai sensor dan aktuator, mikrokontroler ini sering digunakan dalam aplikasi Internet of Things (Espressif Systems, 2021).



Gambar 2.3 Mikrokontroller ESP32
 Sumber : <https://tinyurl.com/2s3b3hxb>

2.5.2 Sensor Proximity

Ketika suatu objek mendekat, kapasitansi berubah, begitulah cara kerja sensor jarak kapasitif. Sensor ini sering digunakan dalam otomatisasi rumah dan pengaturan industri karena dapat mendeteksi berbagai macam material non-logam (Patil dkk., 2020). Fungsi sensor jarak kapasitif dalam sistem pembuangan sampah cerdas

- a) Sensor jarak kapasitif dalam sistem pembuangan sampah pintar bertugas menentukan jenis sampah yang telah dimasukkan ke dalam tempat sampah.
- b) Sensor memberi sinyal kepada mikrokontroler ESP32 ketika sampah ditampung setelah menentukan karakteristik dielektrik material sampah.
- c) ESP32 dapat menentukan perbedaan nilai sensor dengan baik.



Gambar 2.4 Sensor Proximity
 Sumber : <https://tinyurl.com/ykjp6btb>

2.5.3 Servo

Servo motor adalah aktuator yang dapat mengontrol posisi sudut dengan presisi tinggi berdasarkan sinyal PWM. Servo motor sering digunakan dalam sistem mekanis otomatis seperti robotik dan sistem IoT (Kumar et al., 2021). Peran dalam Sistem smart rubbish :

- a.) Dalam sistem smart rubbish, motor servo bertugas untuk memindahkan sampah yang telah teridentifikasi jenisnya (organik atau anorganik) ke tempat yang sesuai.
- b.) Ketika mikrokontroler ESP32 menerima data dari sensor proximity kapasitif dan sensor e18 tentang jenis sampah, ESP32 akan mengirimkan sinyal kontrol ke motor servo.
- c.) Motor servo akan bergerak dan memindahkan sampah ke tempat sampah yang dikhususkan, sesuai dengan jenis sampah yang terdeteksi.



Gambar 2.5 Servo

Sumber : <https://tinyurl.com/bfwxrfz5>

2.5.4 Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik, seperti HC-SR04, memperkirakan jarak ke objek di depannya menggunakan gelombang ultrasonik. Menurut Gao dkk. (2020), sensor ini mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk merambat dari pemancar ke penerima setelah dipantulkan oleh suatu objek. Fungsi Sistem Sampah Cerdas

:

- a.) Dalam sistem sampah pintar, sensor ultrasonik diposisikan di bagian atas tempat sampah untuk mengoordinasikan tingkat pengisian.
- b.) Saat sampah dimasukkan ke dalam tempat sampah, sensor ultrasonik akan membaca jarak terhadap permukaan sampah dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler ESP32.
- c.) Mikrokontroler ESP32 akan memproses data sensor ultrasonik dan menentukan kapan tempat sampah perlu dikosongkan berdasarkan level pengisian yang telah ditetapkan.



Gambar 2.6 Sensor Ultrasonic Sumber :
<https://tinyurl.com/46h3259t>

2.5.5 LCD 16x2

Layar LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan informasi seperti status sistem atau tingkat kepenruhan tempat sampah. Layar ini memiliki dua baris dengan masing-masing 16 karakter dan sering digunakan dalam proyek berbasis mikrokontroler karena konsumsi daya yang rendah dan kemudahan dalam integrasi (Singh & Sharma, 2021). Peran dalam Sistem Smart Rubbish:

- a.) Dalam sistem smart junk, LCD 16x2 berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan informasi penting terkait status sistem operasi.
- b.) Informasi yang dapat ditampilkan di LCD antara lain: jenis sampah yang terdeteksi, tingkat pengisian tempat sampah, serta pesan- pesan penting untuk pengguna.

- c.) Dengan LCD 16x2, pengguna dapat dengan mudah berinteraksi dan berinteraksi dengan sistem smart rubbish.



Gambar 2.7 LCD

Sumber : <https://tinyurl.com/yx4fxau7>

2.5.6 Sensor DHT22

Suhu dan kelembapan dapat diukur dengan sensor DHT22. Karena harganya terjangkau dan akurasinya yang memadai untuk aplikasi non- industri, sensor ini sering digunakan dalam proyek Internet of Things (IoT) dan sistem pemantauan lingkungan. Sensor ini memiliki kelengkungan yang lebih besar dibandingkan DHT11. Sensor ini memiliki kemampuan pembacaan kelembapan 100%. Sensor ini stabil dan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino.



Gambar 2.7 DHT22

Sumber :

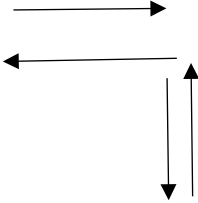
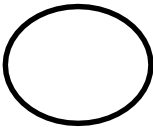
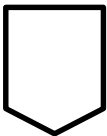
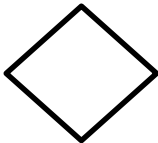
<https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.p0DunTrTneUiY9VOrK-r3wHaHa&pid=Api&P=0&h=220>

2.6 Flowchart

Flowchart atau diagram alir adalah diagram yang menggambarkan urutan

langkah dalam suatu sistem. Analisis sistem menggunakannya untuk mendokumentasikan dan menjelaskan sistem kepada programmer. Flowchart membantu menemukan solusi masalah dalam pengembangan sistem dengan simbol-simbol yang mewakili proses tertentu, yang dihubungkan oleh garis penghubung. (Rizqi Rosaly)

Tabel 2.1 Flowchart

Simbol	Nama	Fungsi
	Flow	Simbol yang mengintegrasikan berbagai simbol
	On-page	Simbol untuk menggabungkan, meninggalkan, dan memasukkan proses dalam satu lembar kerja
	Off-page	Simbol untuk menghubungkan proses dalam beberapa lembar kerja atau untuk masuk dan keluar
	Terminator	Simbol yang menunjukkan kapan program dimulai atau berakhir
	Process	Simbol yang menunjukkan proses sedang berlangsung.
	Decision	Simbol yang menunjukkan keadaan tertentu yang dapat menghasilkan salah satu dari dua respons: Ya atau tidak

	Input/Output	Tanda yang menunjukkan prosedur input atau output
	Manual Operation	Simbol proses input atau output yang tidak bergantung pada peralatan

	Document	Tanda bahwa masukan berasal dari keluaran atau dokumen nyata yang harus dicetak.
	Predefine Process	Tanda yang menunjukkan saat suatu segmen (subprogram) sedang dieksekusi.
	Display	Tanda yang menunjukkan perangkat atau keluaran yang digunakan.
	Preperation	Tanda yang menunjukkan penyimpanan dan ruang tersedia. Prosedur untuk menyediakan nilai awal.

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam pengembangan sistem Smart Rubbish Organik & Non-Organik Berbasis IoT, telah dilakukan berbagai penelitian sebelumnya yang berfokus pada sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi. Penelitian-penelitian ini memberikan gambaran tentang bagaimana teknologi seperti Internet of Things (IoT), machine learning, dan sensor otomatis dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pemilahan dan pengelolaan sampah. Beberapa penelitian terdahulu membahas implementasi sensor cerdas dalam sistem pemilahan sampah, sementara penelitian lainnya menyoroti pemanfaatan platform IoT dan machine

learning dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah. Selain itu, beberapa studi telah mengkaji penerapan sistem pemantauan real-time untuk meningkatkan pengumpulan sampah yang lebih efisien.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis & Tahun	Judul	Deskripsi
1	N. Abdullah, O.A. Alwesabi, R. Abdullah , 2019	IoT-based smart waste management system in a smart city	• Studi ini membahas sistem pengelolaan sampah berbasis IoT yang menggunakan sensor,RFID, dan perangkat pintar untuk pemantauan kota pintar. Model ini bertujuan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dengan IoT. • Menggunakan IoT untuk optimasi pengelolaan sampah. • Mempertimbangkan pertumbuhan populasi dan urbanisasi.

2	M.H. Widiyanto, A.P. Wahyu, D. Gusna , 2021	Prototype design internet of things based waste management using image processing	• Sistem pemisahan sampah organik dan non-organik berbasis IoT menggunakan pemrosesan gambar untuk identifikasi sampah. • Memanfaatkan teknologi pemrosesan gambar untuk deteksi sampah otomatis. • Akurasi pemisahan tergantung pada kualitas gambar dan pencahayaan.
3	K.H. Bindu, D. Nandeesh, P. Biswal, V.D. Rajulu, C. Nikhil , 2020	ML-Driven Waste Classification for Effective Organic and Non-Organic Waste Management	• Sistem berbasis machine learning untuk klasifikasi sampah organik dan non-organik secara otomatis dengan akurasi tinggi. • Menggunakan AI untuk klasifikasi sampah lebih akurat. • Mengurangi kesalahan pemisahan manual. • Membutuhkan dataset besar untuk pelatihan model AI.

4	A. Hussain, U. Draz, T. Ali, S. Tariq, M. Irfan, A. Glowacz , 2020	Waste management and prediction of air pollutants using IoT and machine learning approach	• Menggunakan IoT dan machine learning untuk memantau kualitas udara dan pengelolaan sampah berbasis smart bin. • Kombinasi IoT dan AI meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan prediksi polusi udara. • Tidak ada implementasi pemisahan spesifik untuk organik dan non-organik.
5	L.D.W.I. Iklima ,2023	Rancang Bangun Tempat Sampah Organik dan Non- Organik Berbasis IoT dan Mobile Application	• Sistem IoT yang menggunakan mobile application untuk mengontrol dan memantau kondisi tempat sampah organik dan non-organik. • Integrasi dengan aplikasi seluler memudahkan pengguna dalam pemantauan. • Belum mendukung pemisahan otomatis, hanya pemantauan.

6	M. NiranjanaMurthy, B. Acharya, P. Bose , 2023	IoT-based waste segregation with location tracking and air quality monitoring for smart cities	• Sistem smart bin berbasis IoT yang mampu mengelola sampah organik dan non-organik dengan pemantauan lokasi dan kualitas udara. • Menyediakan data lokasi dan kualitas udara sebagai faktor tambahan dalam pengelolaan sampah. • Tidak secara otomatis mengklasifikasikan jenis sampah.
---	---	--	--

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

A. Observasi

Untuk mengumpulkan data yang komprehensif dalam pengembangan sistem smart rubbish, observasi dilakukan di lingkungan toko/UMKM yang akan menjadi lokasi penempatan smart rubbish. Berikut adalah hal-hal yang dapat diamati dan dicatat selama observasi di Toko/UMKM :

- 1) Jenis usaha dan produk yang dijual
- 2) Jumlah karyawan dan estimasi volume sampah yang dihasilkan
- 3) Lokasi penempatan tong sampah yang ideal (area belakang, samping, atau depan toko)
- 4) Ketersediaan sumber listrik dan konektivitas internet/WiFi

B. Wawancara

Untuk melengkapi observasi lapangan, saya melakukan wawancara mendalam dengan dua kelompok pemangku kepentingan utama dalam implementasi sistem smart rubbish, yaitu wawancara dengan pengumpu sampah dan pemilik toko/UMKM. Dengan wawancara yang komprehensif kepada kedua kelompok pemangku kepentingan ini, saya yakin Anda akan mendapatkan perspektif yang kaya mengenai kebutuhan, tantangan, dan harapan terhadap sistem smart rubbish. Hal ini akan membantu Anda merancang solusi yang benar-benar sesuai dengan konteks lokal dan dapat diterima dengan baik oleh pengumpul sampah serta pemilik toko/UMKM. Dan Hasil wawancara ini, dikombinasikan dengan temuan observasi lapangan, akan memberikan fondasi yang kuat untuk mengembangkan sistem smart rubbish yang efektif, efisien, dan berkelanjutan. Saya yakin bahwa dengan pendekatan pengumpulan data yang komprehensif ini, Anda akan dapat menghasilkan sebuah sistem yang transformatif dan memberikan dampak positif yang signifikan.

3.2 Langkah / Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

1) Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, saya menentukan persyaratan sistem melalui wawancara dan observasi pemangku kepentingan, termasuk pemilik UMKM dan petugas pemulung. Karakteristik utama sistem diidentifikasi berdasarkan hasil analisis.

2) Perancangan Alat

Pada Tahap ini meliputi desain perangkat keras dan perangkat lunak. Komponen utama yang digunakan meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor proximity capacitive untuk mendeteksi sampah, servo motor untuk mekanisme pemindahan, serta sensor ultrasonik untuk memantau kapasitas tempat sampah.

3) Implementasi dan Uji coba

Perangkat yang telah dirancang diuji untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai spesifikasi. Pengujian meliputi:

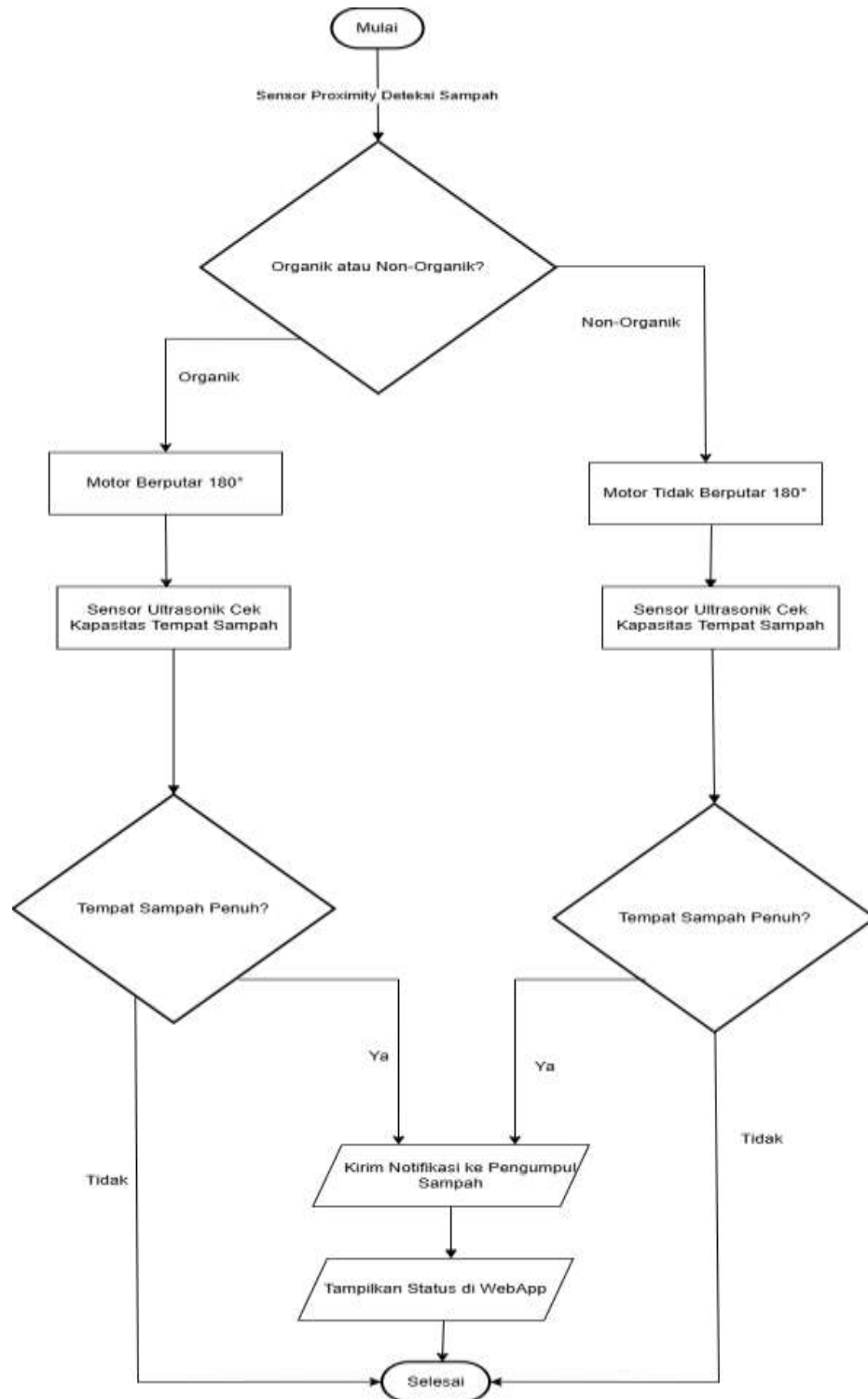
- a) Uji sensor untuk memastikan akurasi deteksi sampah.
- b) Uji servo untuk memastikan mekanisme pemindahan berjalan dengan baik.
- c) Uji sistem IoT untuk memastikan konektivitas dan pemantauan real-time.

4) Evaluasi dan Hasil

Setelah pengujian, dilakukan evaluasi berdasarkan data yang dikumpulkan. Kinerja sistem dibandingkan dengan ekspektasi awal. Jika ditemukan kekurangan, dilakukan perbaikan dan pengujian ulang untuk meningkatkan efektivitas sistem.

3.3 Metode Perancangan Sistem

Dalam merancang sistem smart trash, peneliti menggunakan model Diagram Flowchart. Diagram ini menggambarkan alur kerja sistem secara rinci :



Gambar 3.2 Flowchart

Flowchart ini menggambarkan proses otomatisasi sistem pemilahan sampah berdasarkan jenisnya (organik atau non-organik) menggunakan sensor dan aktuator. Berikut adalah penjelasan langkah-langkah dalam flowchart tersebut :

- a) Mulai : Sistem mulai bekerja.
- b) Sensor Proximity Mendeteksi Sampah : Sensor proximity mendeteksi keberadaan sampah yang masuk ke sistem.
- c) Identifikasi Jenis Sampah (Organik atau Non-Organik) : Sistem menentukan apakah sampah tersebut organik atau non-organik.
- d) Jika Sampah Organik :
 - 1) Motor berputar 180° untuk mengarahkan sampah ke tempat sampah organik.
 - 2) Sampah organik masuk ke tempatnya.
 - 3) Sensor ultrasonik memeriksa kapasitas tempat sampah organik.
 - 4) Jika tempat sampah penuh : Sistem mengirim notifikasi kepada petugas pengumpul sampah dan Status tempat sampah ditampilkan di WebApp.
 - 5) Jika tidak penuh, sistem kembali ke kondisi awal untuk mendeteksi sampah baru.
- e) Jika Sampah Non-Organik :
 - 1) Motor tidak berputar (sampah langsung masuk ke tempat sampah non- organik).
 - 2) Sampah non-organik masuk ke tempatnya.
 - 3) Sensor ultrasonik memeriksa kapasitas tempat sampah non-organik.
 - 4) Jika tempat sampah penuh : Sistem mengirim notifikasi kepada petugas pengumpul sampah, Status tempat sampah ditampilkan di WebApp.
 - 5) Jika tidak penuh, sistem kembali ke kondisi awal untuk mendeteksi sampah baru.
- f) Selesai : Proses berakhir setelah sampah ditampung dan notifikasi dikirim jika diperlukan.

Flowchart ini menunjukkan sistem pemilahan sampah otomatis yang bekerja dengan sensor proximity untuk deteksi sampah, motor untuk penggerak pemilahan, dan sensor ultrasonik untuk memeriksa kapasitas tempat sampah. Jika tempat sampah penuh, sistem mengirimkan notifikasi dan memperbarui statusnya di aplikasi berbasis web.

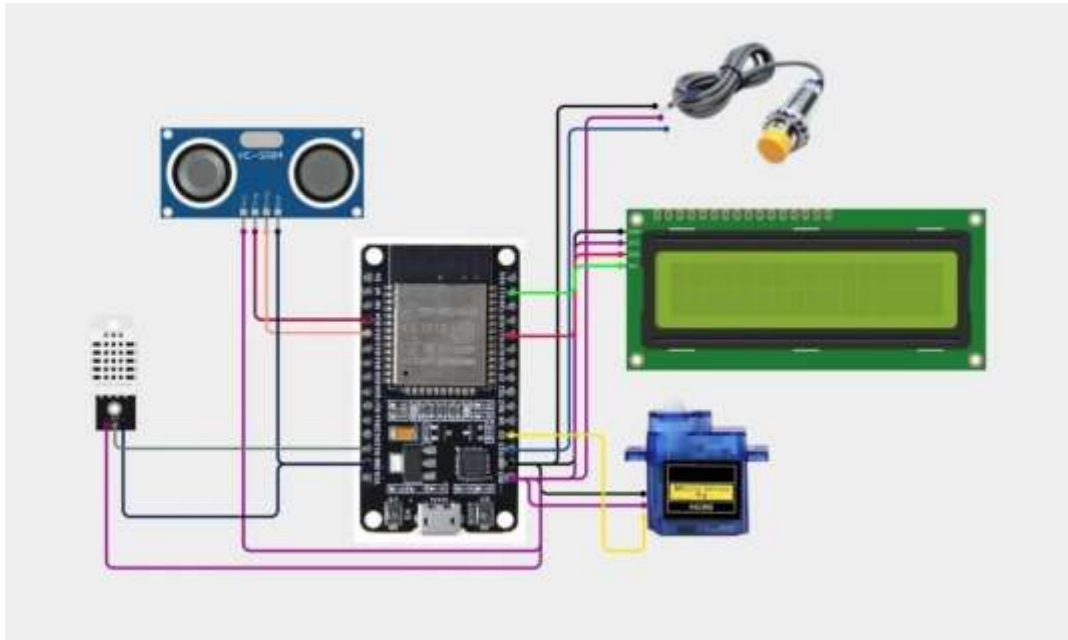
Tabel 3.2 Alat dan Bahan

Nama Alat/Bahan	Fungsi Dalam sampah cerdas
ESP32	Sebagai mikrokontroler utama untuk mengintegrasikan dan mengendalikan perangkat IoT.
sensor proximity capacitive	Sensor jarak kapasitif dalam sistem sampah pintar bertugas menentukan jenis sampah yang telah dimasukkan ke dalam tempat sampah.
Sensor proximity e18	Saat sampah dimasukkan, sensor e18 akan membaca jarak objek dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler ESP32.
servo	Dalam sistem smart rubbish, motor servo bertugas untuk memindahkan sampah yang telah teridentifikasi jenisnya (organik atau anorganik) ke tempat yang sesuai. Ketika mikrokontroler ESP32 menerima data dari sensor proximity kapasitif dan sensor e18 tentang jenis sampah, ESP32 akan mengirimkan sinyal kontrol ke motor servo.
Sensor Ultrasonic	Dalam sistem sampah pintar, sensor ultrasonik diposisikan di bagian atas tempat sampah untuk mengoordinasikan tingkat pengisian. Saat sampah dimasukkan ke dalam tempat sampah, sensor ultrasonik akan membaca jarak terhadap permukaan sampah dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler ESP32.
LCD 16X2	Dalam sistem smart junk, LCD 16x2 berfungsi sebagai antarmuka pengguna

	untuk menampilkan informasi penting terkait status sistem operasi. Informasi yang dapat ditampilkan di LCD antara lain: jenis sampah yang terdeteksi, tingkat pengisian tempat sampah, serta pesan-pesan penting untuk pengguna.
Modul Komunikasi dan IoT	Modul WiFi atau Bluetooth untuk konektivitas jaringan Mengirim data atau pemberitahuan dari perangkat IoT ke server.
Wi-Fi Module (ESP32)	Mendukung pengiriman data secara real-time melalui jaringan nirkabel.

3.6 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen perangkat keras (sensor, mikrokontroler, aktuator) dan perangkat lunak (program ESP32, koneksi IoT, serta sistem notifikasi) dapat berfungsi secara optimal. Dengan sistem ini, proses pemisahan sampah organik dan non-organik dapat dilakukan secara otomatis, serta memantau kapasitas tempat sampah untuk mengirimkan notifikasi kepada pengepul sampah jika tong sampah sudah penuh. Berikut tampilan kerangka circuit untuk Pengembangan Sistem Smart Rubbish Organik & Non Organik Otomasi Berbasis IoT:



Gambar 3.3 Kerangka Circuit

Rangkaian sistem berbasis ESP32 yang mendeteksi objek dan menggerakkan servo sebagai respons terhadap hasil deteksi terlihat pada gambar di atas. Mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor jarak kapasitif, LCD I2C, dan motor servo SG90 merupakan komponen utama sistem ini. Penjelasan setiap komponen dan cara kerjanya dalam sistem ini diberikan di bawah ini:

1. Mikrokontroler ESP32

ESP32 berperan sebagai pusat pengendali yang mengolah data dari sensor dan mengontrol aktuator. Modul ini memiliki fitur Wi-Fi dan Bluetooth, yang memungkinkan komunikasi jarak jauh jika diperlukan.

2. Sensor Ultrasonik HC-SR04

- a) Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik dan menerima pantulannya.
- b) Koneksi ke ESP32:

VCC → 3.3V / 5V (daya)

Trig → GPIO ESP32 (untuk mengaktifkan sinyal)

Echo → GPIO ESP32 (untuk menerima pantulan sinyal) GND → GND

3. Sensor Proximity Kapasitif

- a) Berfungsi untuk mendeteksi keberadaan suatu objek berdasarkan sifat kapasitifnya.
- b) Umumnya digunakan untuk mendeteksi material tertentu, misalnya plastik atau logam dalam sistem pemilahan sampah.
- c) Koneksi ke ESP32 : VCC → 5V GND → GND
Sinyal keluaran → GPIO ESP32

4. LCD I2C (16x2)

- a) Digunakan untuk menampilkan informasi seperti status sistem atau hasil deteksi sensor.
- b) Koneksi ke ESP32 (menggunakan modul I2C) : GND → GND VCC → 5V
SDA → GPIO SDA ESP32 SCL → GPIO SCL ESP32

5. Motor Servo SG90

- a) Servo ini berfungsi untuk menggerakkan mekanisme, misalnya membuka atau menutup pintu berdasarkan hasil deteksi sensor.
- b) Koneksi ke ESP32 :
VCC → 5V GND → GND
Sinyal kontrol → GPIO ESP32

6. Sensor DHT22

- a) Fungsi sensor DHT22 dalam Smart Rubbish (tempat sampah pintar) adalah untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar sistem tempat sampah. Sensor ini sangat penting terutama dalam mendeteksi karakteristik sampah organik, karena jenis sampah ini cenderung memiliki tingkat kelembaban dan suhu tertentu yang khas.

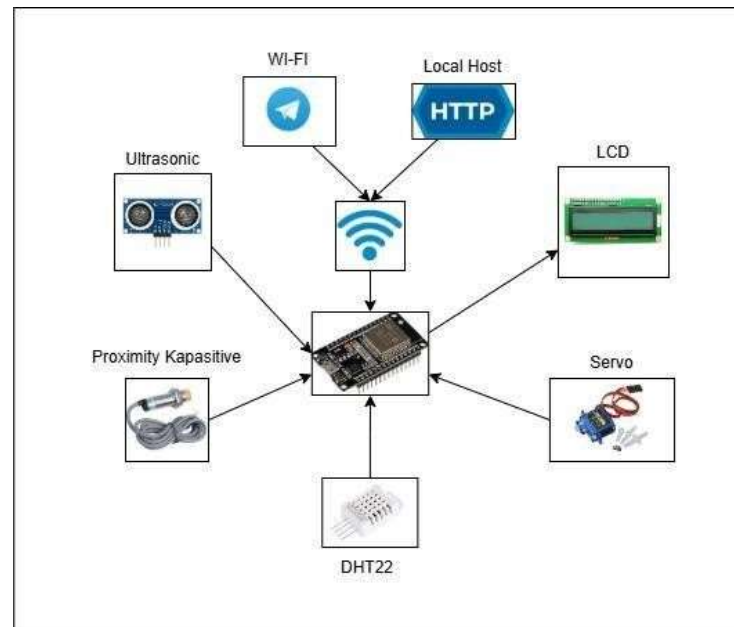
Cara Kerja Sistem

1. Sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan objek dan mengukur jaraknya.
2. Jika ada objek dalam jangkauan tertentu, sistem akan mengaktifkan sensor proximity kapasitif untuk mengidentifikasi jenis materialnya.
3. Berdasarkan data dari sensor, ESP32 akan memproses informasi dan menampilkan status di LCD.
4. Jika objek memenuhi kriteria tertentu, ESP32 akan mengaktifkan servo untuk melakukan aksi (misalnya membuka atau menutup pintu).
5. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengirimkan informasi ke cloud atau aplikasi IoT untuk pemantauan jarak jauh.

Kerangka circuit ini merupakan sistem otomatis berbasis ESP32 yang menggabungkan sensor ultrasonik, proximity kapasitif, LCD, dan motor servo. Dengan kombinasi komponen ini, sistem dapat mendeteksi, mengidentifikasi, dan mengontrol mekanisme berdasarkan hasil deteksi. Implementasi ini cocok untuk proyek IoT, sistem pemilahan sampah, atau kontrol otomatis lainnya.

3.7 Diagram Blok

Untuk memahami bagaimana sistem *Smart Rubbish Organik & Non-Organik Berbasis IoT* bekerja, diperlukan sebuah representasi visual yang menggambarkan hubungan antara setiap komponen dalam sistem. Diagram blok digunakan untuk menunjukkan bagaimana sensor, mikrokontroler, aktuator, dan sistem IoT saling berinteraksi dalam menjalankan proses pemilahan sampah secara otomatis. Diagram ini memberikan gambaran umum tentang alur kerja sistem, mulai dari penerimaan input dari sensor, pemrosesan data oleh mikrokontroler ESP32, hingga aktivasi motor servo dan pengiriman notifikasi ke pengepul sampah melalui sistem IoT. Dengan adanya diagram blok ini, dapat lebih mudah dipahami bagaimana setiap bagian dari sistem berfungsi secara terintegrasi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Berikut adalah diagram blok sistem Smart Rubbish Organik & Non-Organik yang dikembangkan dalam penelitian ini



Gambar 3.4 Diagram Blok

Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam diagram blok di atas, yang menggambarkan sistem pemilahan sampah otomatis berbasis Internet of Things. Sensor, aktuator, tampilan keluaran, dan konektivitas jaringan merupakan beberapa komponen penting yang membentuk sistem ini. Setiap komponen dalam diagram blok dijelaskan sebagai berikut:

1. Mikrokontroler (ESP32)

- a) Berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari berbagai sensor yang terhubung.
- b) Mengontrol kerja aktuator berdasarkan data yang diterima.
- c) Memfasilitasi komunikasi dengan sistem berbasis IoT melalui Wi-Fi.

2. Sensor Ultrasonik

- a) Digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek (sampah) yang didekatkan ke tempat sampah.
- b) Mengukur jarak antara sampah dengan sensor dan mengaktifkan sistem jika ada objek yang masuk dalam jangkauan.

3. Sensor Proximity

- a) Berfungsi untuk mengenali jenis sampah berdasarkan sifat materialnya.
- b) Sensor ini dapat membedakan sampah organik dan non-organik dengan cara mendeteksi perubahan medan listrik yang dihasilkan oleh material tertentu.

4. Motor Servo

- a) Digunakan untuk menggerakkan mekanisme pemilah sampah.
- b) Setelah jenis sampah terdeteksi, servo akan membuka atau menutup katup untuk memasukkan sampah ke dalam kategori yang sesuai.

5. LCD Display

- a) Menampilkan informasi terkait proses pemilahan sampah, seperti jenis sampah yang terdeteksi dan status sistem.

6. Komunikasi Wi-Fi

- a) ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk mengirim data pemantauan ke platform berbasis IoT.
- b) Data ini dapat diakses melalui Local Host atau aplikasi berbasis pesan seperti Telegram, sehingga pengguna dapat memantau status sistem secara real-time.

7. Local Host (HTTP Server)

- a) Sistem dapat diakses melalui web interface menggunakan HTTP Server.
- b) Memungkinkan pengguna untuk memonitor data sensor dan sistem pemilah sampah melalui browser.

8. Telegram Notification

- a) Sistem dapat mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram untuk memberitahu pengguna tentang status tempat sampah, seperti jika sudah penuh atau mengalami kendala.

9. Sensor DHT22

- a) berguna untuk monitoring jarak jauh dan pengambilan keputusan otomatis, misalnya jika suhu terlalu tinggi atau kelembaban ekstrem.
- b) Data dari DHT22 dikirim ke server atau aplikasi Telegram melalui koneksi WiFi.

Diagram blok ini menggambarkan bagaimana sistem pemilah sampah berbasis IoT bekerja dengan memanfaatkan sensor untuk mendeteksi keberadaan dan jenis sampah, mikrokontroler ESP32 untuk memproses data, serta aktuator untuk menggerakkan mekanisme pemilahan. Sistem ini juga dapat mengirimkan informasi ke pengguna melalui Wi-Fi, Local Host, dan Telegram, sehingga pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Sistem Smart Rubbish berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat secara otomatis mengidentifikasi dan memisahkan sampah organik dan non-organik adalah hasil dari penelitian ini. Menggunakan sensor jarak kapasitif dan sensor inframerah E18, sistem ini diuji dalam pengaturan MSME dan menunjukkan kemampuannya untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan berbagai jenis sampah. Motor servo yang berjalan secara otomatis untuk memindahkan sampah berdasarkan klasifikasinya. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memantau kapasitas tempat sampah. Menampilkan data sistem pada LCD 16x2 secara real-time. Memberi tahu petugas dengan sistem lokal yang dibangun di atas API localhost dan aplikasi Telegram. Efisiensi pemilahan sampah yang tinggi ditunjukkan oleh teknologi ini, yang juga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan menyediakan data lingkungan digital untuk manajemen dan pemantauan yang lebih baik. Sistem Smart Rubbish berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat secara otomatis mengidentifikasi dan memisahkan sampah organik dan non-organik adalah hasil dari penelitian ini. Menggunakan sensor jarak kapasitif dan sensor inframerah E18, sistem ini diuji dalam lingkungan UKM dan menunjukkan kemampuannya dalam mengidentifikasi dan mengkategorikan berbagai jenis sampah. Motor servo bekerja secara otomatis untuk memindahkan sampah berdasarkan klasifikasinya. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memantau kapasitas tempat sampah. Sistem ini juga menampilkan data sistem pada LCD 16x2 secara real-time. Sistem ini juga memberi tahu petugas melalui sistem lokal yang dibangun di atas API localhost dan aplikasi Telegram. Teknologi ini menunjukkan efisiensi pemilahan sampah yang tinggi, yang juga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan menyediakan data lingkungan digital untuk manajemen dan pemantauan yang lebih baik.

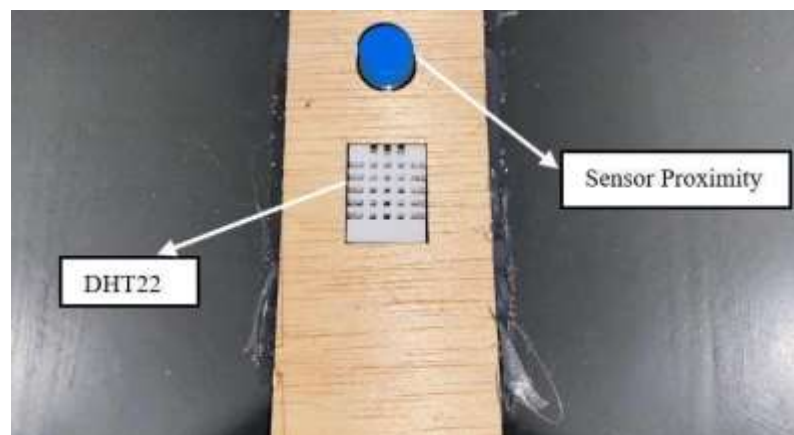
4.2 Hasil Rancangan Alat

Prototipe alat yang dikembangkan mencakup integrasi perangkat keras dan lunak yang mampu Mengenali sampah berdasarkan sifat materialnya (organik atau non-organik). Menggerakkan katup mekanis melalui motor servo untuk memasukkan sampah ke tempat yang sesuai. Memantau kapasitas penampungan tempat sampah dan menampilkan informasi melalui LCD. Mengirimkan pemberitahuan ke petugas melalui aplikasi Telegram jika tong sudah penuh atau terdapat gangguan sistem.





Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat



4.3 Pengujian dan Analisis Perangkat Keras

Pengujian dilakukan terhadap semua komponen perangkat keras dalam sistem, berikut: beroperasi, Pengujian dan analisis perangkat keras terdiri dari:

- 1) ESP32 Dev Module
- 2) Motor Servo MG996
- 3) Sensor Ultrasonik HC-SR04
- 4) Sensor proximity
- 5) Sensor DHT22
- 6) LCD 16x2 + I2C
- 7) Adaptor 12 Volt 2A

4.3.1 Pengujian Mikrokontroler ESP32

ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan dan pengendali komunikasi sistem IoT. Uji coba meliputi pengiriman sinyal ke servo dan akuisisi data dari sensor. Hasil menunjukkan ESP32 bekerja optimal dalam merespons masukan sensor dan mengirim data ke Telegram/web server tanpa kendala koneksi.

4.3.2 Pengujian Sensor Proximity Kapasitif dan Sensor E18

Pengujian dilakukan dengan menyimulasikan sampah organik (kulit buah) dan non- organik (plastik). Sensor proximity kapasitif mampu membedakan material berdasarkan sifat dielektriknya. Sensor E18 sukses membaca kehadiran objek di jarak 2–10 cm, memicu sistem deteksi awal sebelum klasifikasi.

Tabel 4.1
Parameter Deteksi Sampah

Jenis Sampah	Sensor DHT (Kelembaban/Suhu)	Sensor Proximity	Tampilan LCD	Gerak Servo	Notifikasi Telegram
Kertas	10% / 27°C	N: 25% O: 75%	Organik 25% - Non Organik 75%	Ke Kiri	Sampah Organik Terdeteksi
Kaleng Bekas	0% / 28.5°C	N: 92% O: 8%	Organik 8% - Non Organik 92%	Ke Kanan	Sampah Non-Organik Terdeteksi
Sisa Makanan	31% / 30°C	N: 31% O: 69%	Organik 69% - Non Organik 31%	Ke Kiri	Sampah Organik Terdeteksi
Botol Plastik	30% / 27.5°C	N: 88% O: 12 0%	Organik 12% - Non Organik 88%	Ke Kanan	Sampah Non-Organik Terdeteksi
Daun Kering	10% / 26.5°C	N: 28 % O: 72%	Organik 72% - Non Organik 28%	Ke Kiri	Sampah Organik Terdeteksi
Bungkus Makanan	29% / 28°C	N: 95% O: 0%	Organik 0% - Non Organik 95%	Ke Kanan	Sampah Non-Organik Terdeteksi
Kulit Buah	35% / 29.5°C	N: 35% O: 65%	Organik 65% - Non Organik 35%	Ke Kiri	Sampah Organik Terdeteksi

4.3.3 Pengujian Motor Servo MG996

Servo diuji untuk membuka dan menutup dua jalur penampungan secara otomatis. Sudut gerak yang digunakan adalah 0° untuk non-organik dan 90° untuk organik. Respon servo rata-rata < 1 detik setelah pemrosesan sensor.

4.3.4 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Gambar ini menunjukkan tampilan bagian dalam dari prototipe sistem *Smart Rubbish* yang dikembangkan. Terlihat dua buah sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipasang menghadap ke atas pada sisi kiri dan kanan, masing-masing ditujukan untuk mendeteksi ketinggian sampah organik dan nonorganik. Di tengah terdapat wadah penampung yang dapat berputar atau bergeser dikendalikan oleh motor servo, yang menerima perintah dari mikrokontroler berdasarkan hasil deteksi jenis sampah. Sensor ultrasonik ini bekerja dengan mengukur jarak antara permukaan sampah dengan sensor untuk menentukan status *penuh* atau *belum penuh*, lalu mengirimkan hasilnya ke sistem monitoring. Konfigurasi penempatan sensor dan kabel yang rapi di dalam rangka berbahan multipleks dan aluminium ini menunjukkan implementasi sistem sudah memasuki tahap integrasi antara desain fungsional dan struktural. Sensor ini mendeteksi tinggi tumpukan sampah. Dengan ambang batas < 5 cm dari tutup tong, sistem mengirimkan peringatan "Tong Sampah Penuh". Uji validasi dilakukan dengan variasi ketinggian sampah dari 5–30 cm.

Gambar 4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04



4.3.5 Pengujian LCD 16x2

LCD berhasil menampilkan informasi sistem, seperti status konektivitas WiFi, jenis sampah yang terdeteksi, dan status pengisian tempat sampah secara real-time.

4.3.6 Pengujian Sistem Telegram

Salah satu dari banyak fitur aplikasi Telegram adalah bot Telegram. Bot Telegram memungkinkan Anda untuk menghasilkan perintah yang diterima dari berbagai papan mikrokontroler. Sistem akan memberi tahu pengguna melalui bot Telegram. Notifikasi tersebut akan menginformasikan jenis sampah yang diterima dan apakah tempat sampah tersebut penuh atau kosong. Sebelumnya, kami menggunakan program Telegram, yang menawarkan fungsi API bot Telegram sebagai alat untuk menghubungkan bot Telegram dengan ESP8266 agar dapat menggunakan bot Telegram di ponsel pintar Android.

Di ponsel pintar, aplikasi Telegram tersedia untuk diunduh gratis dari Play Store. Langkah selanjutnya setelah berhasil menginstal dan masuk ke Telegram adalah membuat bot Telegram menggunakan akun @botFather yang disediakan Telegram bagi pembuat bot untuk mendapatkan kode API yang diperlukan guna menghubungkan bot Telegram dengan perangkat ESP32. Untuk menginstal aplikasi Telegram, ikuti langkah-langkah berikut pada smartphone android.

1. Di ponsel pintar Android Anda, buka aplikasi Play Store dan ketik "Telegram" di kolom pencarian.
2. Setelah menemukan aplikasi Telegram, instal dan tunggu hingga selesai diunduh.
3. Lanjutkan setelah unduhan Telegram selesai.
4. Untuk mendaftar, berikan nomor telepon Anda. Telegram akan mengirimkan kode verifikasi setelah Anda memberikan nomor telepon.

Untuk mendapatkan kode API yang diperlukan untuk menghubungkan bot Telegram dengan mikrokontroler, Anda harus terlebih dahulu membuat bot Telegram menggunakan akun pembuat bot yang disediakan Telegram, @BotFather. Proses ini harus diselesaikan setelah akun Telegram Anda diaktifkan. Langkah-langkah untuk membuat bot Telegram adalah sebagai berikut.



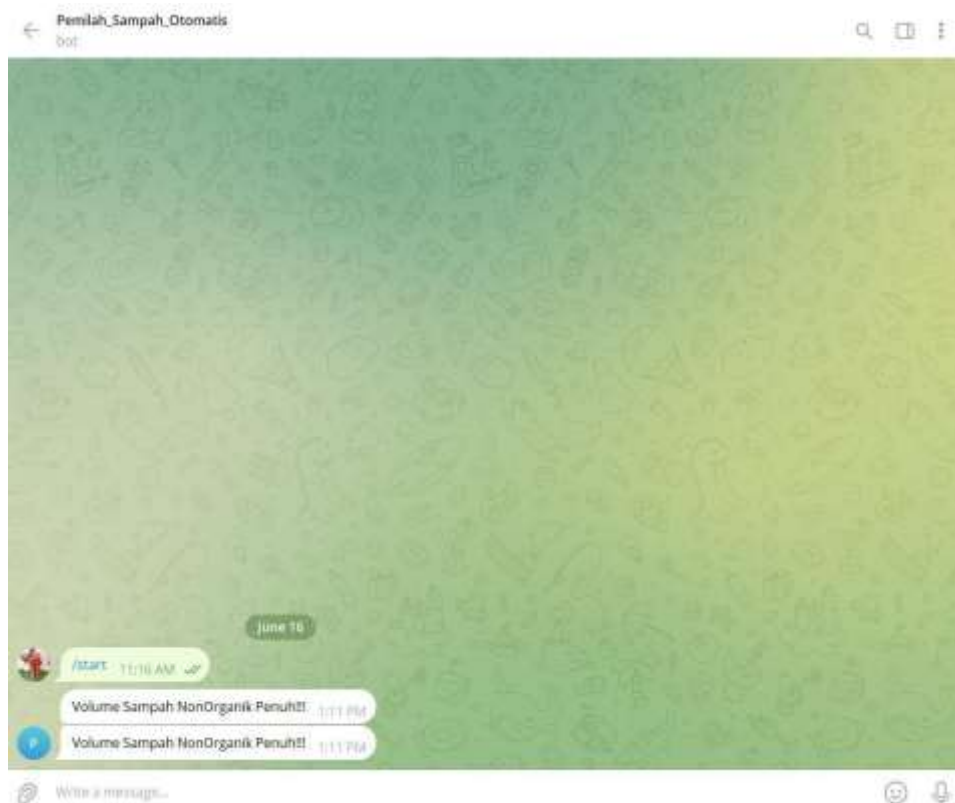


Gambar 4.3 Langkah Membuat Bot Telegram

1. Gunakan bilah pencarian untuk mencari @BotFather. Anda akan melihat kotak obrolan dengan @BotFather. Setelah itu, pengguna akan diminta untuk menekan tombol "mulai".
2. Setelah pengguna mengklik tombol "mulai", jawaban dari
3. Perintah yang dapat dijalankan oleh @BotFather akan ditampilkan ketika @BotFather muncul.
4. Untuk membuat bot baru, pengguna harus mengirimkan perintah `"/newbot"`. @BotFather kemudian akan membalas pesan pengguna dan meminta pengguna untuk memberikan nama bot.
5. @BotFather akan mengirimkan koneksi bot Telegram yang Anda buat sebelumnya segera setelah nama bot benar.
6. Bot Telegram sekarang beroperasi.

4.3.7 Pengujian Aplikasi Telegram

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui alat atau program sudah hidup atau bekerja sesuai dengan perintah jika alat sudah hidup dan siap untuk mengirimkan perintah kerja. Maka tampilan pada aplikasi selanjutnya jika sensor mendeteksi adanya kebocoran gas berupa “VOLUME SAMPAH NON ORGANIK PENUH/VOLUME SAMPAH ORGANIK PENUH !!!” yang berarti menyatakan bahwa tongb sampah sudah penuh .



Gambar 4.4 Tampilan Peringatan Notifikasi Telegram

4.3.8 Implementasi Coding

```
#include  
  
"DHT.h"  
  
#include  
  
<WiFi.h>  
  
#include  
  
"CTBot.h"  
  
#include  
  
<WiFiClientSecure.h>  
  
#include  
  
<HTTPClient.h>  
  
#include  
  
<ESP32Servo.h>  
  
#include  
  
<LiquidCrystal_I2C.h>  
  
LiquidCrystal_I2C  
  
lcd(0x27,16,2);  
  
Servo  
  
servo_tutup,servo_pil  
  
ah; CTBot myBot;  
  
#define trig_organik 16
```

```

#define echo_organik 17

#define trig_nonorganik 19

#define echo_nonorganik 18

#define trig_ultrasonik 12

#define echo_ultrasonik 13

#define sensor_logam 23

#define pinServo_tutup 14

#define pinServo_pilah 27

#define DHTPIN 15

#define DHTTYPE          DHT22 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// REPLACE with your Domain name and URL path or IP address with path
Const char* serverName  = "https://192.168.33.150/2025-nurul-
aplikasi-tong- sampah/server.php?";

String apiKeyValue =

"serv4eC39HqLyjWDarjtT1zdp7dc"; const

char* ssid              = "LIZA CANTIK

BANGETZZ";

const char* password = "Beliklamintaaja";

String token = "7819135818:AAFnyawY8bn42K9PIVg2mVv7s-

cZr98AU9Q"; unsigned long int timer,waktu;

int volume_organik,volume_nonorganik;

float jarak_organik,jarak_nonorganik,jarak_ultrasonik,suhu,suhu_test; int

```

```

timer_organik,timer_nonorganik,timer_ultrasonik,kelembaban,kelembaba
n_test; void setup(){
Serial.begin(9600);
Serial.println("Loading...");
ESP32PWM::allocateTimer
(0);
ESP32PWM::allocateTimer
(1);
ESP32PWM::allocateTimer
(2);
ESP32PWM::allocateTimer
(3);
servo_tutup.setPeriodHertz
( 50);
servo_tutup.attach(pinServo_tutup, 1000,
2000); servo_tutup.write(10); // buka=170
tutup=10 servo_pilah.setPeriodHertz(50);
servo_pilah.attach(pinServo_pilah, 1000,
2500); servo_pilah.write(85); // kiri=10
tengah=85 kanan=160
pinMode(trig_organik,OUTPUT);

```

```

pinMode(echo_organik,INP
UT);

pinMode(trig_nonorganik,
OUTPUT);

pinMode(echo_nonorganik,
INPUT);

pinMode(trig_ultrasonik,O
UTPUT);

pinMode(echo_ultrasonik,I
NPUT);

pinMode(sensor_logam,IN
PUT); lcd.backlight();

lcd.init();

lcd.setCursor(0,0); lcd.print("=PEMILAH
SAMPAH="); lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(" BERBASIS IOT ");

delay(2000);

lcd.setCursor(0,0); lcd.print("=PEMILAH
SAMPAH="); lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Connect WiFi .....");

WiFi.mode(WIFI_STA);

WiFi.begin(ssid,

```

```

password);

while(WiFi.status() != WL_CONNECTED)

{ Serial.print("."); delay(50);

}

lcd.setCursor(0,1); lcd.print("WiFi

Connected."); Serial.println("");

Serial.print("Connected to "); Serial.println(ssid);

Serial.print("IP address: ");

Serial.println(WiFi.localIP());

//myBot.wifiConnect(ssid, password);

myBot.setTelegramToken(token);

if(myBot.testConnection()) Serial.println("\ntestConnection OK");
else Serial.println("\ntestConnection

NOK"); dht.begin();

delay(2000); lcd.clear();

}

void readSensor_ultrasonik() {

digitalWrite(trig_organik,LOW);

delayMicroseconds(2);

digitalWrite(trig_organik,HIGH);

delayMicroseconds(10);

digitalWrite(trig_organik,LOW);

timer_organik = pulseIn(echo_organik,HIGH);

```

```

jarak_organik = (timer_organik/2.0) * 340.0 * 100.0 / 1000000.0;

digitalWrite(trig_nonorganik,LOW); delayMicroseconds(2);

digitalWrite(trig_nonorganik,HIGH); delayMicroseconds(10);

digitalWrite(trig_nonorganik,LOW);

timer_nonorganik = pulseIn(echo_nonorganik,HIGH);

jarak_nonorganik = (timer_nonorganik/2.0) * 340.0 * 100.0 / 1000000.0;

digitalWrite(trig_ultrasonik,LOW); delayMicroseconds(2);

digitalWrite(trig_ultrasonik,HIGH); delayMicroseconds(10);

digitalWrite(trig_ultrasonik,LOW);

timer_ultrasonik = pulseIn(echo_ultrasonik,HIGH);

jarak_ultrasonik = (timer_ultrasonik/2.0) * 340.0 * 100.0 / 1000000.0;2dd2

volume_organik=map(jarak_organik,33.9,7.0,0,100);

volume_nonorganik=map(jarak_nonorganik,34.4,7.0,0,100);
}

//=====PROGRAM UTAMA=====

void loop(){

kelembaban =

dht.readHumidity(); suhu

= dht.readTemperature();

readSensor_ultrasonik();

Serial.print("SENSOR:

```

```

");

Serial.print(jarak_ultrasonik);

Serial.print("cm, ");

Serial.print(jarak_organik);

Serial.print("cm, ");//

Serial.print(jarak_nonorganik);

Serial.print("cm, "); //

Serial.print(suhu,1); Serial.print("°C, ");

Serial.print(kelembaban);

Serial.print("%"); Serial.println();


//===== TAMPILKAN DATA DI LCD =====

lcd.setCursor(0,0); lcd.print("=PEMILAH SAMPAH=");

lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Org:"); lcd.print(volume_organik);

lcd.print("% "); lcd.print("Non:"); lcd.print(volume_nonorganik);

lcd.print("% "); if(jarak_ultrasonik<15) {

servo_tutup.write(170); // buka=170

tutup=10 delay(4000);

servo_tutup.write(10); // buka=170

tutup=10 waktu = millis();

```

```

lcd.clear();

while(1) {

lcd.setCursor(0,0); lcd.print("=PROSESS

SAMPAH="); kelembaban_test =

dht.readHumidity();

suhu_test =

dht.readTemperature();

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(suhu_test,1); lcd.write(0xdf);

lcd.print("C,");

lcd.print(kelembaban_test);

lcd.print("%,");

if(digitalRead(sensor_logam))

lcd.print("N-LGM"); else

lcd.print("LOGAM");

if(millis() -

waktu >= 5000){

goto keluar;

}

}

keluar:

if(!digitalRead(sensor_logam)) {

servo_pilah.write(160); // kiri=10

```

```

tengah=85 kanan=160 delay(2000);

servo_pilah.write(85); // kiri=10 tengah=85 kanan=160

}

else { //Non Logam

if(kelembaban-kelembaban_test>3 || kelembaban-kelembaban_test<-3) {

servo_pilah.write(10); // kiri=10 tengah=85 kanan=160

}

else servo_pilah.write(160); // kiri=10 tengah=85 kanan=160

}

delay(2000);

servo_pilah.write(85); // kiri=10 tengah=85

kanan=160 readSensor_ultrasonik();

//Upload Data to Web SERVER

if(WiFi.status()==

WL_CONNECTED){

WiFiClientSecure *client = new

WiFiClientSecure; client-

>setInsecure(); //don't use SSL

certificate HTTPClient https;

String Send_Data_URL;

```

```

Send_Data_URL = "https://192.168.33.150/2025-nurul-
aplikasi-tong- sampah/server.php?";

Send_Data_URL += "apikey=serv4eC39HqLyjWDarjtT1zdp7dc";

Send_Data_URL += "&ketinggian_tong_organik=" +
String(volume_organik);

Send_Data_URL += "&ketinggian_tong_nonorganik=" +
String(volume_nonorganik); Serial.println(Send_Data_URL);

https.begin(Send_Data_URL.c_str());

https.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_RE
DIRECTS); int httpCode = https.GET();

Serial.print("HTTP Status Code : ");

Serial.println(httpCode);

String
payload;

if(httpCode
> 0) {

payload = https.getString();

Serial.println("Payload : " + payload);

}
// Free

resources

https.end(); if(volume_organik>85)

```

```
myBot.sendMessage(5864523685, "Volume Sampah NonOrganik Penuh!!!");

}

if(volume_nonorganik>85) {

myBot.sendMessage(5864523685, "Volume Sampah NonOrganik Penuh!!!");

}

}

else {

Serial.println("WiFi Disconnected");

}

}

delay(1000);

}

//=====
=====

=====
```

4.3.9 Hasil Pemantauan Ketinggian Tong Sampah Organik dan Nonorganik secara Real-Time

No	Waktu	Ketinggian Tong Organik	Ketinggian Tong Nonorganik	Status Tong Organik	Status Tong Nonorganik
1	2025-05-20 15:26:01	30	44	belum penuh	penuh
2	2025-05-20 15:30:21	30	44	belum penuh	penuh
3	2025-05-20 15:33:54	35	77	penuh	penuh
4	2025-05-20 15:34:46	69	100	penuh	penuh
5	2025-05-20 15:34:18	106	100	penuh	penuh
6	2025-05-20 15:21:27	30	12	belum penuh	belum penuh
7	2025-05-20 15:31:37	17	13	belum penuh	belum penuh
8	2025-05-20 15:22:01	15	26	belum penuh	belum penuh
9	2025-05-20 15:32:07	15	38	belum penuh	penuh
10	2025-05-20 15:23:13	30	39	penuh	penuh
11	2025-05-20 15:25:08	30	32	penuh	penuh
12	2025-05-20 15:27:27	35	32	penuh	penuh
13	2025-05-20 15:37:28	15	32	penuh	penuh
14	2025-05-20 15:45:08	69	56	penuh	penuh
15	2025-05-20 15:30:38	15	32	penuh	penuh
16	2025-05-20 15:30:44	15	32	penuh	penuh
17	2025-05-20 15:34:46	69	68	penuh	penuh
18	2025-05-20 15:47:08	69	94	penuh	penuh
19	2025-05-20 15:45:25	69	94	penuh	penuh
20	2025-05-20 15:45:41	69	94	penuh	penuh

Gambar 4.5 Hasil Pemantauan Ketinggian Tong Sampah Organik & Nonorganik secara Real-Time

Tabel ini menampilkan hasil monitoring sistem *Smart Rubbish* yang telah diuji pada tanggal 20 Mei 2025. Setiap entri mencatat waktu pemantauan, ketinggian sampah dalam tong organik dan nonorganik, serta status tong berdasarkan ambang batas yang ditentukan (≥ 90 cm dianggap penuh). Data ini dihasilkan dari pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan melalui antarmuka web lokal. Status "penuh" dan "belum penuh" digunakan untuk memicu notifikasi otomatis ke petugas pengelola sampah melalui Telegram.



Gambar 4.6 Hasil Pemantauan Ketinggian Tong Sampah Organik & Nonorganik secara Real-Time

Grafik ini merupakan visualisasi dari data hasil pembacaan sensor tinggi sampah dalam tong organik dan nonorganik. Garis hijau menunjukkan ketinggian sampah organik, sementara garis biru menunjukkan ketinggian sampah nonorganik. Garis merah horizontal merupakan ambang batas penuh (90 cm). Dari grafik, terlihat bahwa kedua tong mengalami peningkatan kapasitas secara signifikan hingga mencapai kondisi penuh, lalu dilakukan pengosongan yang ditandai dengan penurunan drastis. Grafik ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi tong secara akurat dan real-time, serta mendukung pengambilan keputusan otomatis.

4.3.10 Riwayat Monitoring Tong Sampah Organik & Nonorganik

Riwayat Sampah Organik dan Non Organik							
Akses		No	Waktu	Ketinggian Tong Organik	Ketinggian Tong Nonorganik	Status Tong Organik	Status Tong Nonorganik
	1	1	2024-08-20 14:30:45	20	45	Belum penuh	Belum penuh
	2	2	2024-08-20 15:00:00	20	45	Belum penuh	Belum penuh
	3	3	2024-08-20 15:10:30	55	75	Belum penuh	Belum penuh
	4	4	2024-08-20 15:11:00	100	100	Belum penuh	Belum penuh
	5	5	2024-08-20 15:23:00	10	15	Belum penuh	Belum penuh
	6	6	2024-08-20 15:37:00	35	35	Belum penuh	Belum penuh
	7	7	2024-08-20 15:45:00	100	55	Belum penuh	Belum penuh
	8	8	2024-08-20 16:30:00	35	35	Belum penuh	Belum penuh

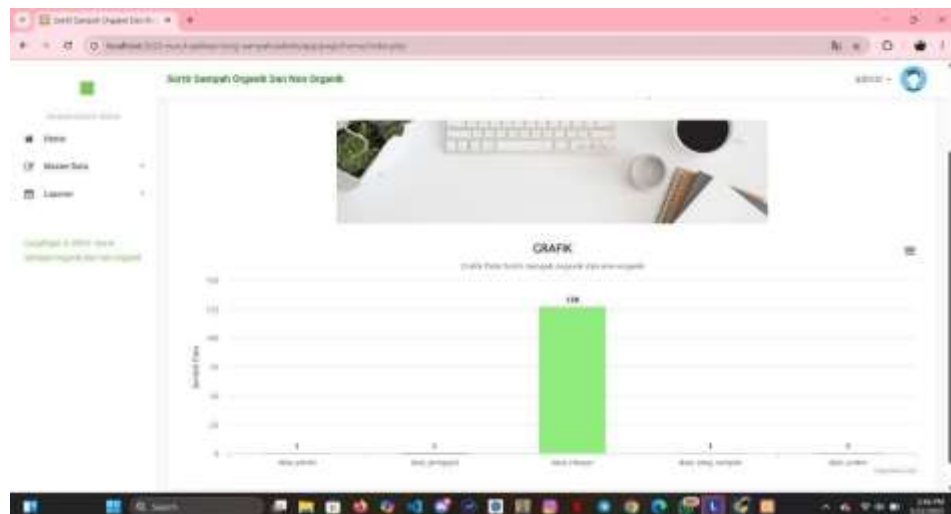
Gambar 4.7 Riwayat Monitoring Tong Sampah Organik & Nonorganik

Tabel ini merupakan hasil akuisisi data secara real-time dari sistem *Smart Rubbish Organik dan Nonorganik Berbasis IoT*. Data diambil pada tanggal 20 Mei 2025 dan menampilkan:

- a) Waktu: Waktu pencatatan saat sensor melakukan pemantauan.
- b) Ketinggian Tong Organik & Nonorganik (dalam cm):
Merupakan hasil pengukuran dari sensor ultrasonik HC-SR04 untuk masing-masing jenis tong.
- c) Status Tong: Keterangan apakah tong sudah mencapai kapasitas penuh (≥ 90 cm) atau belum, berdasarkan logika pemrograman pada mikrokontroler ESP32.

Dari data tersebut terlihat sistem berhasil mendeteksi perubahan kapasitas tong dan mengklasifikasikan statusnya secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi sesuai rancangan, yakni memantau level sampah dan memberi notifikasi saat tong penuh.

4.3.11 Grafik Jumlah Data pada Setiap Entitas Sistem Sortir Sampah



Gambar 4.8 Grafik Jumlah Data pada Setiap Entitas Sistem Sortir Sampah

Grafik ini menampilkan jumlah total data yang tersimpan dalam masing-masing tabel database sistem aplikasi penyortiran sampah berbasis IoT. Data ditampilkan dalam bentuk diagram batang dengan lima kategori utama:

- a) data_admin: 1 entri (akun pengelola sistem)
- b) data_pengepul: 1 entri (data petugas pengangkut sampah)
- c) data_riwayat: 128 entri (data hasil monitoring ketinggian tong sampah yang dicatat otomatis oleh sensor)
- d) data_tong_sampah: 1 entri (konfigurasi informasi tong)
- e) data_umkm: 1 entri (identitas lokasi UMKM yang diuji)

Hasil grafik menunjukkan bahwa data_riwayat adalah yang paling dominan, menandakan bahwa sistem ini aktif dan real-time dalam mencatat data sensor dari tong sampah. Hal ini menjadi bukti bahwa proses pemantauan dan dokumentasi berjalan secara berkelanjutan, sesuai tujuan pengembangan sistem ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini dapat disimpulkan dari penelitian tentang "Pengembangan Sistem Otomasi Organik dan Sampah Cerdas Berbasis IoT:

- 1) Penelitian berhasil merancang dan mengembangkan sistem smart rubbish otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memilah sampah organik dan non- organik secara real-time, yang terhubung dengan layar LCD dan aplikasi notifikasi (Telegram dan Web Host) untuk memberikan informasi kondisi tempat sampah kepada pengguna atau pengepul.
- 2) Berdasarkan hasil pengujian lapangan di lingkungan UMKM, sistem mampu mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manusia dalam proses pemilahan, sekaligus meningkatkan efisiensi operasional. Alat bekerja secara otomatis dalam mendeteksi jenis sampah dan mengarahkannya ke wadah yang sesuai, serta mampu memantau kapasitas tong secara dinamis dan mengirimkan peringatan saat tong sudah penuh.
- 3) Sistem mampu menjalankan pemilahan sampah secara otomatis tanpa bantuan tenaga manusia, sehingga sangat membantu dalam mengurangi pekerjaan manual yang berisiko tinggi terhadap kesehatan, terutama pada lingkungan UMKM yang menghasilkan sampah setiap hari dan Meningkatkan efisiensi kecepatan dalam memilah sampah. Mengurangi risiko tercampurnya sampah organik dan non-organik. Membantu UMKM dalam menerapkan pengelolaan sampah yang lebih bersih, rapi, dan modern.
- 4) Dengan adanya sistem ini, diharapkan pengelolaan sampah di lingkungan kecil seperti UMKM bisa menjadi lebih teratur, dan ramah lingkungan. Selain itu, sistem ini juga bisa dikembangkan lebih lanjut agar bisa digunakan di tempat lain yang menghasilkan banyak sampah seperti sekolah, pasar, dan rumah tangga.

5.2 Saran

Setelah penelitian pada “Pengembangan Sistem Smart Rubbish Organik dan Organik Otomasi Berbasis IoT” dilakukan, terdapat beberapa saran yang perlu ditambahkan untuk menghasilkan penelitian yang lebih sempurna :

- 1) Sistem saat ini hanya mendeteksi dua jenis sampah (organik dan non-organik). Ke depannya, disarankan untuk menambahkan deteksi sampah jenis lain seperti sampah plastik, logam, elektronik, dan berbahaya agar sistem lebih lengkap dan bermanfaat luas.
- 2) Disarankan untuk menambahkan baterai cadangan atau tenaga surya agar alat tetap berfungsi saat listrik padam atau di tempat yang belum tersedia listrik stabil.
- 3) Fitur notifikasi sebaiknya diperluas tidak hanya via Telegram, tetapi juga bisa melalui SMS, WhatsApp, atau aplikasi mobile yang mudah diakses petugas atau pemilik UMKM.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, A. S., & et al. (2022). Accuracy of Compensation and Competency Improvement in Improving Performance, Knowledge Sharing as An Intervening Variable. *Journal of Management*, 12(3), 2201–2209.
- Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., & Pohl, E. A. (2023). *smart cities Smart Cities — A Structured Literature Review*. 1719–1743.
- Harto, D., Pratiwi, S. R., Utomo, M. N., & Rahmawati, M. (2019). Penerapan Internet Marketing Dalam Meningkatkan Pendapatan Pada UMKM. *JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 3(1), 39. <https://doi.org/10.30595/jppm.v3i1.3033>
- Khan, N., Ali, S., Zandi, P., Mehmood, A., Ullah, S., Ikram, M., Ismail, Shahid, M. A., & Babar, A. (2020). Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. *Pakistan Journal of Botany*, 52(2), 355–363. [https://doi.org/10.30848/PJB2020-2\(24\)](https://doi.org/10.30848/PJB2020-2(24))
- Kusumawardani, K. A., Widyanto, H. A., & Tambunan, J. E. G. (2023). The role of gamification, social, hedonic and utilitarian values on e-commerce adoption. *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, 27(2), 158–177. <https://doi.org/10.1108/SJME-09-2022-0188>
- Raharjo, T. W., & Rinawati, H. S. (2019). *Penguatan Strategi Pemasaran dan Daya Saing UMKM Berbasis Kemitraan Desa Wisata*. <http://eprints.ubhara.ac.id/1489/1/Buku> Penguatan Strategi Pemasaran %28Triweda%29.pdf
- Harto, D., Pratiwi, S. R., Utomo, M. N., & Rahmawati, M. (2019). Penerapan Internet Marketing dalam Meningkatkan Pendapatan pada UMKM. **JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)**, 3(1), 39. <https://doi.org/10.30595/jppm.v3i1.3033>
- Fauzi, A., Nugroho, A., & Rahman, H. (2022). Optimasi Proses Pengangkutan Sampah Berbasis IoT: Pendekatan Machine Learning dan Data Sensor. **Indonesian Journal of Smart Technology**, 10(1), 34–49. Retrieved from <https://smarttechjournal.id/iot-waste-2022>
- Raharjo, I. (2019). Penerapan IoT dalam Manajemen Sampah Perkotaan: Studi Kasus di Jakarta. **Jurnal Teknologi Kota**, 14(1), 23–37. Retrieved from

<https://jtk.id/iot-jakarta-waste>

- Smart Cities Journal. (2023). *Improving Urban Waste Management Using IoT-based Smart Bins: A Case Study*. **Smart Cities Journal**, 6(4), 102–115. Retrieved from <https://smartcitiesjournal.org/iot-waste-2023>
- Suhendra, R. (2022). *Analisis Efektivitas Implementasi IoT dalam Pengelolaan Sampah Berbasis Kota Cerdas*. **Jurnal Teknologi Lingkungan**, 8(3), 89–101. Retrieved from <https://jtl.environment.id/iot-smartcity>
- Supriyanto, R., Sari, N., & Wijaya, B. (2022). *Faktor Penyebab Krisis Sampah di Indonesia dan Strategi Penanganannya*. **Jurnal Kebijakan Publik**, 11(2), 33–48. Retrieved from <https://jkip.org/crisis-waste-id>
- Wulandari, M. (2024). *Peran Pengepul Sampah dalam Sistem Pengelolaan Sampah Berkelanjutan*. **Jurnal Ekonomi Hijau**, 13(1), 57–69. Retrieved from <https://jeh.org/green-waste-management>
- World Bank. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. Washington, DC: The World Bank. <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>
- World Bank. (2021). *Global Waste Management Report: Trends and Challenges in Urban Waste Disposal*. Washington, DC: The World Bank. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/20212>
- WHO. (2020). *Health Impacts of Poor Waste Management: A Global Perspective*. Geneva: World Health Organization. Retrieved from <https://www.who.int/publications/waste-health-impact>