

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Luaran	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Pengelolaan Sampah	3
2.2. Fuzzy Logic	4
2.3. Global Navigation Satellite System (GNSS)	4
BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN	4
3.1. Waktu dan Tempat	4
3.2. Metode Pelaksanaan	5
3.3. Analisis Kebutuhan	5
3.3.1. Perangkat Keras	5
3.3.2. Perangkat Lunak	5
3.4. Perancangan Prototipe Alat	6
3.4.1. Pengkodean Alat	6
3.4.2. Piranti Device	6
3.4.3. Pengolahan dan Analisis Data	7
3.4.4. Integrasi GNSS	7
3.4.5. Implementasi Perangkat Keras Tambahan	7
3.5. Pengujian dan Verifikasi	8
3.6. Evaluasi	8
BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN	8
4.1. Anggaran Biaya	8
4.2. Jadwal Kegiatan	9

DAFTAR PUSTAKA	9
LAMPIRAN.....	11

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Format Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	8
Tabel 4.2. Jadwal Kegiatan	9

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2. Alur kerja dalam metode pelaksanaan	5
Gambar 3.4. Desain Alat Smart Waste Management	6
Gambar 3.4.2. Skematik Rangkaian Elektronika Alat, dibuat menggunakan Aplikasi Wokwi, Sumber Gambar: Pribadi	6
Gambar 3.4.3. Skema cara kerja kontrol logika FL.....	7

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota.....	11
Lampiran 2. Biodata Dosen Pendamping	17
Lampiran 3. Justifikasi Anggaran Kegiatan	18
Lampiran 4. Susunan Tim Pengusul dan Pembagian Tugas	20
Lampiran 5. Surat Pernyataan Ketua Tim Pengusul	21
Lampiran 6. Gambaran Teknologi yang akan Dikembangkan.....	22

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan material sisa hasil aktivitas manusia sehari-hari yang dianggap tidak penting. Pengelolaan sampah kini menjadi hal krusial dan terus berkembang. Menurut data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), 33,79% sampah tidak terkelola dari total timbunan sampah 25.319.860,73 ton pada tahun 2023 (SIPSN, 2024). Komposisi sumber sampah terbanyak berasal dari sampah rumah tangga yang mencapai angka 46,38%. Hal ini berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan dan konsumsi masyarakat setiap harinya. Kurangnya kesadaran masyarakat menjadi faktor utama penyebab terjadinya penumpukan sampah (Sugandi *et al.*, 2024). Keterbatasan akses (fasilitas) penampungan sampah dan manajemen pengelolaan sampah yang kurang baik juga menjadi faktor kurangnya kesadaran tersebut.

Selain aspek manajemen sampah, beberapa daerah di Indonesia masih belum menerapkan pemilahan sampah melalui penyediaan tong sampah sesuai jenisnya, seperti tong sampah organik, anorganik, dan B3. Namun, dalam satu tong sampah masih berisi berbagai macam jenis sampah. Hal ini tentunya menyulitkan proses pengolahan sampah di TPA yang mana cara pengolahan setiap jenis sampah berbeda. Penanganan permasalahan tersebut merupakan langkah untuk mewujudkan tujuan yang telah ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa berupa *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau dalam Bahasa Indonesia berarti pembangunan berkelanjutan nomor 12, yakni konsumsi dan produksi yang berkelanjutan. Pernyataan tersebut sejalan dengan tujuan dibuatnya sistem manajemen sampah yang terintegrasi teknologi sebagai solusi inovatif dalam monitoring dan pengelolaan sampah.

Alat monitoring dan sistem manajemen sampah sebelumnya sudah pernah dikembangkan. Penelitian yang berjudul *IoT-Based Smart Waste Bin Monitoring and Municipal Solid Waste* menggunakan sensor ultrasonik untuk memantau kapasitas sampah yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) berupa *Global System for Mobile Communications* (GSM)/*General Packet Radio Service* (GPRS) untuk mengirimkan sinyal mengenai kondisi tempat sampah (Ali *et al.*, 2020). Penelitian selanjutnya yang pernah dikembangkan adalah pemanfaatan metode *Deep Learning* (DL) untuk mengelola sampah yang terintegrasi dengan *Global Positioning System* (GPS) untuk memantau kondisi sampah secara *realtime*. Sistem ini juga menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan sampah menjadi beberapa kategori, seperti plastik, kertas, gelas, logam, dan lain sebagainya (Hasan *et al.*, 2022). Sistem manajemen ini lebih maju dibandingkn penelitian sebelumnya yang memanfaatkan metode DL sebagai sistem yang meniru cara kerja otak manusia dalam memproses informasi. Selain itu jenis IoT (GPS) sebagai solusi GSM/GPRS yang memiliki kecepatan data rendah, latensi tinggi, tingkat keamanan data rendah. Akan tetapi, metode DL yang digunakan dalam sistem manajemen yang ada perlu diperbaiki karena sistem sulit

membuat keputusan dan memerlukan banyak data agar sistem berfungsi dengan baik. Hal tersebut menginisiasi suatu karya cipta dimana sistem manajemen pintar yang akan dibuat merupakan penyempurnaan penelitian sebelumnya dengan memanfaatkan metode *Fuzzy logic* (FL) terintegrasi *Global Navigation Satellite System* (GNSS).

FL dikenal sebagai sistem yang mampu menginterpretasikan informasi yang tidak pasti dan menghasilkan keputusan berdasarkan input dari sensor (Rosário *et al.*, 2023). Contohnya pada sistem kontrol temperatur ruangan (Qi *et al.*, 2024), FL dapat menjaga suhu ruangan pada tingkat yang nyaman tanpa memerlukan pengaturan manual yang rumit. FL juga telah digunakan dalam sistem kontrol lalu lintas untuk mengoptimalkan aliran kendaraan dan mengurangi kemacetan (Mulyadi *et al.*, 2021). Berdasarkan potensinya tersebut, FL dapat dijadikan solusi dalam memperbaiki sistem manajemen sebelumnya. FL dapat mempertimbangkan berbagai faktor seperti tingkat volume sampah, jarak ke TPA, dan kondisi lalu lintas untuk menentukan waktu dan rute pengangkutan sampah yang optimal. GNSS digunakan untuk mengirimkan notifikasi bot telegram pada mobil otonom sebagai perintah segera mengangkut dan mengosongkan tempat sampah ketika sudah penuh. Penggunaan GNSS dalam sistem dikarenakan GNSS memiliki akurasi dan keandalan yang lebih tinggi dengan menggunakan data dari berbagai sistem satelit (salah satunya adalah GPS) dan mengurangi ketergantungan pada satu sistem saja. Selain itu, sensor ultrasonik yang terintegrasi web digunakan untuk mengidentifikasi jenis sampah yang meliputi sampah organik, anorganik, dan B3. Hal ini tentunya meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pengelolaan sampah secara keseluruhan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji adalah: Bagaimana unjuk kerja dari EcoWasteMart dengan metode FL terintegrasi GNSS sebagai sistem monitoring dan pengelolaan sampah?

1.3. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam PKM-KC ini adalah: Menciptakan alat monitoring dan pengelolaan sampah serta memberikan fitur notifikasi dalam upaya mengurangi tumpukan sampah dan pemilahan sampah otomatis.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dalam kegiatan PKM-KC ini antara lain:

- a) Bagi driver mobil pengangkut sampah, memudahkan dan meringankan pekerjaan dalam mengangkut sampah setiap penuh melalui mobil otomatis tanpa driver yang berjalan sesuai rute yang telah dibuat menggunakan GNSS.
- b) Bagi petugas pengelola sampah, memudahkan dalam pemilahan jenis sampah sehingga sampah bisa langsung diolah sesuai dengan jenisnya tanpa tercampur dengan jenis sampah lain.

- c) Bagi masyarakat, mengurangi keresahan menumpuknya sampah melalui jadwal pengangkutan sampah secara realtime setiap sampah penuh.

1.5. Luaran

Luaran yang diharapkan dalam kegiatan ini antara lain:

- a) Laporan Akhir
- b) Produk fungsional
- c) Akun media sosial

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelolaan Sampah

Menurut UU No. 18 tahun 2008, pengelolaan sampah merupakan suatu kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkelanjutan yang mencakup pengurangan dan pembuangan sampah. Dengan kata lain, pengelolaan sampah adalah kegiatan pengelolaan seluruh proses sampah mulai dari timbulan hingga pembuangan, meliputi pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan, disertai dengan monitoring dan regulasi pengelolaan sampah (Apricia *et al.*, 2023). Pengelolaan sampah yang berkelanjutan diperlukan untuk mencapai berbagai tujuan, khususnya pembangunan berkelanjutan. Pengelolaan sampah berkelanjutan merupakan bentuk konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (SDGs 12) (Capah *et al.*, 2023). Konsumsi yang berlebihan tentunya akan menghasilkan sampah yang terlalu banyak sehingga berdampak pada luas tempat pembuangan sampah yang ada.

Pengelolaan sampah di beberapa daerah di Indonesia masih menggunakan sistem pengelolaan sampah tradisional, yakni metode pengumpulan, pengangkutan ke Tempat Pembuangan Sampah (TPS) dan pengolahan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Kosasih *et al.*, 2023). Manajemen pengelolaan ini dinilai kurang maksimal karena adanya ketergantungan armada pengangkut sampah. Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah untuk mengembangkan sistem manajemen sampah yang lebih maju adalah dengan menggalakkan Program Bank Sampah (Arliansyah dan Bahtiar, 2024). Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021, Bank Sampah merupakan lembaga pengelolaan sampah yang menerapkan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sebagai sarana edukasi dan perubahan perilaku dalam pengelolaan sampah serta penerapan ekonomi sirkular yang diciptakan dan dikelola oleh komunitas lokal (Situmeang *et al.*, 2023). Namun, dalam praktiknya sistem administrasi dan pencatatan secara manual menjadi kendala saat pemrosesan data. Kemajuan teknologi mendorong terciptanya inovasi baru untuk mengatasi sistem pengelolaan sampah tradisional menjadi modern. Munculnya sistem pengelolaan bank sampah yang berbasis web dan aplikasi bank sampah dinilai mampu menjadi solusi untuk meningkatkan partisipasi masyarakat (Marzuki *et al.*, 2024). Akan tetapi, metode pengambilan dan pengumpulan sampah secara manual masih menjadi kelemahan dari inovasi yang ada.

2.2. Fuzzy Logic

Fuzzy logic (FL) merupakan cabang teknologi kecerdasan buatan yang digunakan sebagai pendekatan inovatif untuk membantu dan mengontrol akurasi kontrol sistem yang tidak berulang atau tidak dapat diprediksi. Sistem ini mampu menginterpretasikan informasi yang tidak pasti dan menghasilkan keputusan berdasarkan input dari sensor (Rosário *et al.*, 2023). Dasar FL adalah teori himpunan *fuzzy* dimana derajat keanggotaan merupakan penentu yang sangat penting dari ada atau tidaknya suatu elemen dalam suatu himpunan. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan (*membership function*) menjadi ciri utama dari sistem ini. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yakni Linguistik yang merupakan nama suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan dengan menggunakan bahasa alami, misalnya dingin, sejuk, panas mewakili variabel temperatur dan Numeric, yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya 10, 35, 40 dan sebagainya (Novianto *et al.*, 2021). Pendekatan FL mampu meningkatkan kinerja sistem dengan meminimalkan energi yang hilang dalam kasus variasi penyinaran yang sering terjadi di mana metode konvensional gagal. Penggunaan metode FL jauh lebih cocok daripada pendekatan yang lain karena dapat mencapai efisiensi daya sekitar 99% dan memberikan kinerja yang lebih baik, terutama dalam kondisi atmosfer yang berubah-ubah dengan cepat (Guenounou *et al.*, 2021).

2.3. Global Navigation Satellite System (GNSS)

Global Navigation Satellite System (GNSS) merupakan sebuah jaringan satelit yang mengorbit Bumi dan memancarkan sinyal radio untuk menyediakan informasi lokasi dan waktu yang presisi kepada pengguna. GNSS memungkinkan pengguna untuk menentukan lokasi mereka dengan akurasi tinggi. Sistem GNSS yang paling terkenal adalah GPS (*Global Positioning System*) yang dioperasikan oleh Amerika Serikat. Namun, terdapat beberapa sistem GNSS lain yang juga tersedia, seperti GLONASS (Rusia), Galileo (Uni Eropa), dan BeiDou (China) (Aleem *et al.*, 2022). Integrasi *fuzzy logic* dan GNSS dapat digunakan untuk mengembangkan sistem yang lebih cerdas dan lebih efisien. FL dapat digunakan untuk memproses data yang tidak pasti dan tidak lengkap dari GNSS, dan untuk membuat keputusan yang lebih baik tentang pengumpulan dan pengangkutan sampah. GNSS dapat digunakan untuk melacak lokasi tempat sampah dan truk sampah, dan untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah.

BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN

3.1. Waktu dan Tempat

EcoWasteMart akan dikerjakan selama tiga bulan. Pengembangan alat ini dilakukan di D9 lantai 3, ruang karakterisasi material Laboratorium Fisika dan pengujian riset dilakukan di D3, Fisika dan D4, Kimia, FMIPA UNNES.

3.2. Metode Pelaksanaan

EcoWasteMart merupakan solusi inovatif untuk pengelolaan sampah yang cerdas dan efisien. Sistem ini terdiri dari lima tahap yang saling terkait erat, di mana hasil dari satu tahap menjadi dasar untuk tahap selanjutnya. Berikut adalah alur tahapannya:



Gambar 3.2. Alur kerja dalam metode pelaksanaan

3.3. Analisis Kebutuhan

EcoWasteMart dirancang untuk mengoptimalkan pengumpulan dan pengelolaan sampah melalui monitoring *real-time*, FL, dan integrasi GNSS. Sistem ini memanfaatkan berbagai komponen canggih, seperti ESP32-CAM untuk pengenalan visual tempat sampah, robot arm untuk memilah sampah, baterai dan charger untuk catu daya, layar OLED untuk menampilkan status, SIM *card* untuk komunikasi jarak jauh, serta sensor untuk klasifikasi jenis sampah. FL berperan penting dalam sistem ini. Ketika sensor mendeteksi tempat sampah yang sudah penuh, sistem akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram. Mobil otonom yang terhubung dengan GNSS kemudian akan bergerak menuju lokasi tempat sampah untuk melakukan pengambilan dan pengangkutan sampah. Integrasi GNSS memungkinkan pelacakan dan monitoring *real-time* mobil pengangkut sampah secara otonom, memastikan proses pengumpulan sampah berjalan efisien dan efektif.

3.3.1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ini yaitu: Sensor Ultrasonik HC-SR04, Breadboard (2 x 3), kabel jumper, ESP32, ESP32-CAM, baterai LiFeO₄, SIM *card*, layar OLED I2C, robot arm, mobil otonom, saklar, BMS 25, step up, *casing* akrilik, dan modul GNSS (seperti GPS, sensor LINDAR, sensor radar, sensor inersia, dan odometer). Selain perangkat keras tersebut, diperlukan pula komputer untuk memprogram alat.

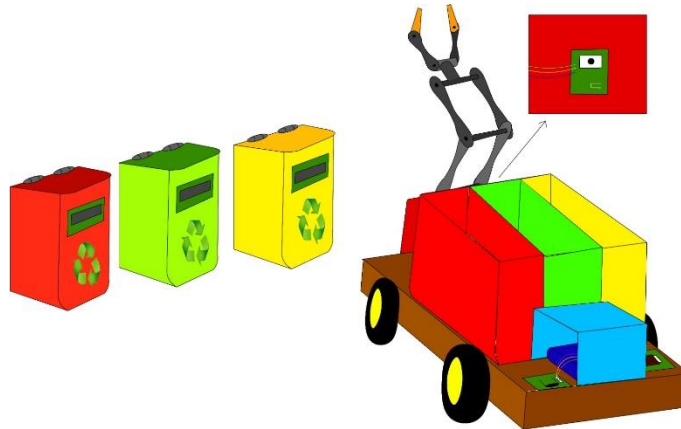
3.3.2. Perangkat Lunak

EcoWasteMart ini memanfaatkan beberapa perangkat lunak utama untuk mendukung fungsinya. Arduino IDE berperan penting dalam penulisan kode program yang mengendalikan robot pengangkut sampah dan tempat sampah. Sementara itu, Wokwi dan Tinkercad, *software* simulasi, membantu merancang dan menguji sirkuit elektronik secara virtual sebelum perakitan fisik, sehingga meminimalisir kesalahan dan korsleting. Platform Telegram dimanfaatkan untuk

membangun BOT yang mengirimkan notifikasi ketika tempat sampah penuh, memungkinkan komunikasi real-time antara sistem dan pengguna. Terakhir, software pemantauan seperti U-blox Cloud dan HERE *Platform* membantu melacak dan memantau lokasi robot pengangkut sampah secara real-time, serta menganalisis pergerakannya. Bekerja sama, perangkat lunak ini memastikan EcoWasteMart dapat beroperasi secara optimal dan efisien.

3.4. Perancangan Prototipe Alat

EcoWasteMart ini dirancang untuk memajukan pengelolaan sampah secara real-time dengan menggabungkan teknologi inovatif seperti metode FL dan GNSS. Alat ini terintegrasi dengan berbagai komponen untuk mencapai tujuannya.



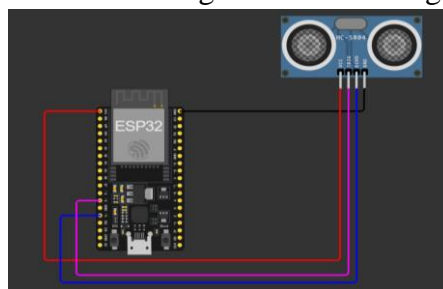
Gambar 3.4. Desain Alat Smart Waste Management

3.4.1. Pengkodean Alat

Alat ini dikendalikan oleh algoritma C++ yang dibuat di Arduino IDE dan diinjeksikan ke mikrokontroler ESP32. Kode ini memungkinkan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian tempat sampah dan mendeteksi sampah yang masuk. Kalibrasi dan optimasi sensor dilakukan dengan cermat untuk memastikan akurasi dan keefektifan sistem dalam mengelola sampah.

3.4.2. Piranti Device

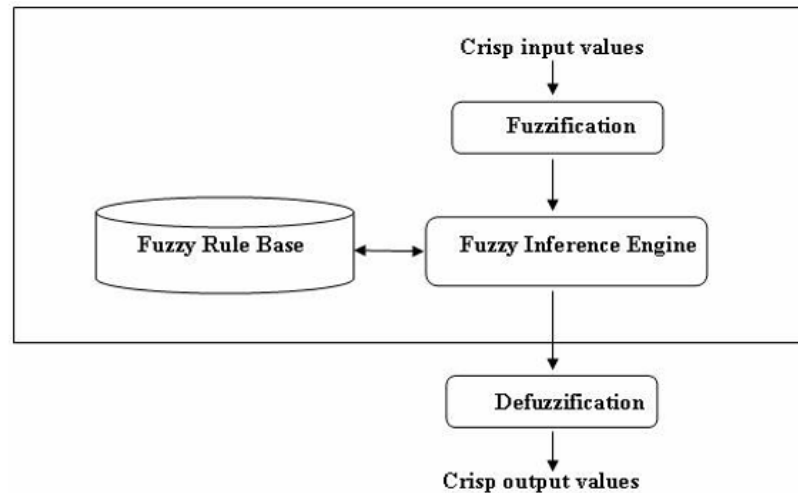
Komponen elektronik dirangkaikan dengan mengikuti skema simulasi yang dibuat di Wokwi dan Tinkercad. Koneksi sensor ultrasonik HC-SR04 ke ESP32 dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari korsleting.



Gambar 3.4.2. Skematik Rangkaian Elektronik Alat, dibuat menggunakan Aplikasi Wokwi, Sumber Gambar: Pribadi

3.4.3. Pengolahan dan Analisis Data

Data dari sensor ultrasonik diolah menggunakan metode FL. FL memetakan inputan sensor ke dalam output yang mudah dipahami oleh manusia. *Fuzzy Rule Base* menentukan tindakan sistem berdasarkan nilai distance yang diperoleh dari sensor.



Gambar 3.4.3. Skema cara kerja kontrol logika FL

3.4.4. Integrasi GNSS

Sistem GNSS diintegrasikan untuk melacak lokasi tempat sampah secara real-time. Data lokasi digunakan untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah dan meningkatkan efisiensi sistem. Modul GNSS, seperti GPS, dipasang pada tempat sampah. Modul ini akan menangkap sinyal satelit GNSS dan menentukan lokasi tempat sampah secara akurat. Modul GNSS akan secara berkala mengirimkan data lokasi tempat sampah, seperti koordinat GPS ke server pusat. Data lokasi ditampilkan pada peta digital di server pusat EcoWasteMart. Operator dapat melihat lokasi tempat sampah secara *real-time* dan memantau pergerakannya. Untuk meningkatkan akurasi lokasi, digunakan modul GNSS yang dilengkapi dengan sensor tambahan, seperti sensor LINDAR, sensor radar, sensor inersia, dan odometer. Sensor ini dapat membantu modul GNSS untuk menentukan lokasi dengan lebih presisi, terutama di area dengan sinyal GPS yang lemah.

3.4.5. Implementasi Perangkat Keras Tambahan

ESP32 Cam atau ESP8266 ditambahkan untuk fungsi pengambilan gambar dan identifikasi jenis sampah. Baterai LiFeO₄ dan charger ditambahkan untuk portabilitas dan daya tahan sistem. Layar OLED ditambahkan pada tempat sampah untuk menampilkan informasi status server. Kartu SIM digunakan untuk koneksi internet di area yang tidak terjangkau Wi-Fi.

3.5. Pengujian dan Verifikasi

EcoWasteMart diuji secara menyeluruh untuk memastikan kinerjanya dalam memantau dan mengelola sampah secara realtime. Berikut adalah tahapan pengujiannya:

- a. **Akurasi Sensor:** Akurasi sensor dalam mengukur jarak dan waktu deteksi sampah diuji untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan informasi yang tepat tentang ketinggian sampah dan waktu pengisian sampah.
- b. **Pengujian Integritas GNSS:** Akurasi pelacakan lokasi tempat sampah oleh sistem GNSS diuji untuk melacak lokasi tempat sampah secara realtime dan mengoptimalkan rute pengumpulan sampah.
- c. **Pengujian Sistem Kendaraan Otonom:** Kemampuan sistem kendaraan otonom dalam menavigasi dan mengumpulkan sampah secara otomatis diuji. Sistem ini harus dapat beroperasi dengan aman dan efisien untuk mengoptimalkan proses pengumpulan sampah.
- d. **Pengujian Keseluruhan Alat:** Kinerja Alat EcoWasteMart secara keseluruhan diuji untuk memastikan fungsinya dalam memantau dan mengelola sampah secara realtime. Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan berbagai kondisi operasi dan memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dalam berbagai solusi.

3.6. Evaluasi

Berdasarkan hasil pengujian, alat EcoWasteMart dievaluasi berdasarkan beberapa aspek:

- a. **Akurasi Pengukuran:** Akurasi pengukuran jarak dan waktu deteksi sensor dievaluasi.
- b. **Akurasi Pelacakan Lokasi:** Akurasi pelacakan lokasi tempat sampah oleh sistem GNSS dievaluasi.
- c. **Efisiensi Pengumpulan Sampah:** Efisiensi rute dan waktu pengumpulan sampah dievaluasi.
- d. **Keefektifan Alat:** Efektivitas alat EcoWasteMart dalam mengurangi penumpukan sampah dan meningkatkan kebersihan lingkungan dievaluasi.

BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

4.1. Anggaran Biaya

Tabel 4.1. Format Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No.	Jenis Pengeluaran	Sumber Dana	Besaran Dana (Rp.)
1.	Bahan habis pakai	Perguruan Tinggi	Rp. 1.500.000,00
2.	Sewa dan jasa	Perguruan Tinggi	Rp. 375.000,00
3.	Transportasi	Perguruan Tinggi	Rp. 500.000,00
4.	Lain-lain	Perguruan Tinggi	Rp. 125.000,00
Jumlah			Rp. 2.500.000,00

4.2. Jadwal Kegiatan

Tabel 4.2. Jadwal Kegiatan

No.	Jenis Kegiatan	Bulan			Penanggung Jawab
		1	2	3	
1.	Studi literatur				1. Aulia Hilma Yuanika 2. Ika Jati Wahyuningsih
2.	Penyusunan proposal				1. Aulia Hilma Yuanika 2. Ika Jati Wahyuningsih
3.	Perizinan dan administrasi pengembangan alat				1. Aulia Hilma Yuanika
4.	Perencanaan dan persiapan kebutuhan				1. Aditya Rizqi Pradana 2. Galih Ridho Utomo
5.	Pengkodean alat				1. Aditya Rizqi Pradana 2. Galih Ridho Utomo
6.	Pembuatan piranti device				1. Aulia Hilma Yuanika 2. Ika Jati Wahyuningsih
7.	Pengolahan dan analisis data				1. Aditya Rizqi Pradana 2. Galih Ridho Utomo
8.	Integrasi GNSS				1. Galih Ridho Utomo
9.	Implementasi perangkat keras tambahan				1. Ika Jati Wahyuningsih
10.	Pengujian dan verifikasi alat				1. Aulia Hilma Yuanika
11.	Evaluasi alat				1. Aditya Rizqi Pradana
12.	Penyusunan laporan kemajuan dan akhir				1. Aulia Hilma Yuanika 2. Ika Jati Wahyuningsih

DAFTAR PUSTAKA

- Aleem, K. F., Babayo, A., dan Aderoju, Q. O. 2022. Global navigation satellite system (GNSS) and other geospatial tools for various applications. *International Journal of Science and Research Archive*. 5(2): 067–076.
- Ali, T., Irfan, M., Alwadie, A. S., dan Glowacz, A. 2020. IoT-based smart waste bin monitoring and municipal solid waste management system for smart cities. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 1(45): 10185-10198.
- Apricia, N., Jeremiah, M., dan Trinovada, A. 2023. Urgensi perubahan Undang-Undang nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 9(19): 553-559.

- Arliansyah, F.M. dan Bahtiar, A. 2024. Implementasi aplikasi tabungan bank sampah berbasis web pada bank sampah indah makmur Kabupaten Cirebon. *Kopertip : Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika Dan Komputer*. 8(1): 26–35.
- Capah, B. M., Rachim, H. A., dan Raharjo, S. T. 2023. Implementasi SDG's-12 melalui pengembangan komunitas dalam program CSR. *Share: Social Work Journal*. 13(1): 150-161.
- Guenounou, O., Belkaid, A., Colak, I., Dahhou, B., dan Chabour, F. 2021. Optimization of fuzzy logic controller based maximum power point tracking using hierarchical genetic algorithms. *International Conference on Smart Grid*. pp 207-211.
- Hasan, M. K., Khan, M. A., Issa, G. F., Atta, A., Akram, A. S., dan Hassan, M. 2022. Smart waste management and classification system for smart cities using deep learning. *International Conference on Business Analytics for Technology and Security*. pp 1-7.
- Kosasih, H., Tarigan, S. A., Wijaya, E., Susanto, S., Susanto, A., dan Leonardi, F. 2023. Penyuluhan manajemen pembuangan sampah yang baik di SMP Swasta Toby Bethlehem Medan. *Jurnal Peradaban Masyarakat*. 3(1): 33–35.
- Marzuki, M., Hasibuan, M., W, D. T., Rizal, R., dan Lestari, W. R. 2024. Perancangan Aplikasi Bank Sampah Berbasis Website Untuk Kampus Bebas Sampah. *Journal of Digital Literacy and Volunteering*. 2(1): 23–30.
- Mulyadi, D., Putra Pratama, E., dan Saifudin, A. 2021. Penerapan fuzzy ogic untuk sistem pengendali lalu lintas. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*. 6(3): 2622–4615.
- Novianto, A. D., Farida, I. N., dan Sahertian, J. 2021. Alat penyiram tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan metode fuzzy logic. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*. 5(1): 315-320.
- Qi, D., Liu, Y., Zhao, C., Dong, Y., Song, B., dan Li, A. 2024. Thermal response and performance evaluation of floor radiant heating system based on fuzzy logic control. *Energy and Buildings*. 313(1): 114232.
- Rosário, A. T., Dias, J. C., dan Ferreira, H. 2023. Bibliometric analysis on the application of fuzzy logic into marketing strategy. *Businesses*. 3(3): 402–423.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2024. *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. URL: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Diakses tanggal 26 Juni 2024.
- Situmeang, V., Santoso, R. S., Warsono, H., Publik, D. A., Lingkungan, D., dan Sampah, P. 2023. Evaluasi kebijakan pengelolaan sampah pada bank sampah Ngudi Lestari di Kelurahan Tinjomoyo Kecamatan Banyumanik Kota Semarang. *Journal Of Public Policy And Management Review*. 12(4): 580-598.
- Sugandi, K. M., Inayah, M. A., Aulia, N. N., Zahra, N. A., Afrialdi, R., & Andika, R. D. 2022. Analisis Kesadaran dan Upaya Masyarakat dalam Permasalahan Sampah di Desa Sukamaju. *Jurnal Penelitian Inovatif*. 2(3): 441–452.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota Biodata Ketua

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Ika Jati Wahyuningsih
2	Jenis Kelamin	Perempuan
3	Program Studi	Kimia Angkatan 2022
4	NIM	4311422007
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Bantul, 14 Mei 2004
6	Alamat Email	ikajati20@students.unnes.ac.id
7	Nomor Telepon/Hp	085602638243

B. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang / Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1.	UKM-Penelitian	Anggota	2022/UKM-P UNNES
2.	Novo Club Batch 2	Anggota	2023/ParagonCorp
2.	BEM FMIPA UNNES	Staff Departemen RISKEL	2023/BEM FMIPA UNNES
3.	UKM-Penelitian	Staff Departemen Karya	2024/UKM-P UNNES

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Juara 3 Lomba Essay	UKM-Penelitian UNNES	2022
2	Finalis LKTI	KIK FMIPA UNNES	2023
3	Juara 1 Lomba Essay	UKM-Penelitian UNNES	2023

Semua data yang saya isikan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Semarang, 30 Juni 2024
Ketua



Ika Jati Wahyuningsih

Biodata Anggota 1

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Aulia Hilma Yuanika
2	Jenis Kelamin	Perempuan
3	Program Studi	Pendidikan Biologi
4	NIM	4401422084
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Jepara, 31 Mei 2004
6	Alamat E-mail	auliahilmayuanika@students.unnes.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	088227379896

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Jasmina Study Center	Departemen Keilmiah	2022-2024, UNNES
2	UKM Penelitian	Departemen Karya	2024-sekarang, UNNES

C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Lolos proposal PKM AMLI bidang PKM-RE	LPTK	2023
2	Finalis Duta Biologi	Himabio Unnes	2023

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Semarang, 30 Juni 2024

Anggota,



Aulia Hilma Yuanika

Biodata Anggota 2

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Aditya Rizqi Pradana
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Informatika
4	NIM	2304130035
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Pemalang, 6 Juni 2004
6	Alamat E-mail	adityarizqiprdn@students.unnes.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	08989428763

B. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	UKM Penelitian UNNES	Fungsionaris Digital Departement	Semarang, 2024
2	GEMASTIK 2024	Peserta lomba babak penyisihan divisi aplikasi permainan	Semarang, 2024
3	Penelitian terkait pengembangan aplikasi VR	Pembantu lapangan sebagai mahasiswa	Semarang, 2024

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
-	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Semarang 30 Juni 2024
Anggota



Aditya Rizqi Pradana

Biodata Anggota 3

A. Indetitas Diri

1	Nama Lengkap	GALIH RIDHO UTOMO
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Progam Studi	Fisika Murni
4	NIM	4211421036
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Pati, 20 Januari 2003
6	Alamat E-mail	g4lihu@student.unnes.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	081932279615

B. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

No.	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Organisasi Prodi Fisika	Ketua Divisi Sains dan Penelitian Fisika, KOSMIK UNNES	30 Desember 2023 – 27 Desember 2024, Semarang
2	Organisasi Penelitian UNNES	Staff Ahli Departement Digital, UKM Penelitian UNNES	31 Januari 2023 – 4 Februari 2024, Semarang
3	PILMAPRES Tingkat Fakultas	Mahasiswa Berprestasi	28 Desember 2023, Ruang Meeting II, lantai 2, D12, FMIPA UNNES
4	Pemilihan Raya (PEMIRA) Fisika UNNES	Sie PDD	7 Januari 2022, D7 Lantai 3, FMIPA UNNES
5	NEWTONSICS	Ketua Pelaksana	9 Oktober 2022, Zoom Meeting
6	Pekan Ilmiah Fisika XXXIV	Tim IT Bidang Kompetisi SMA dan Anggota Tim Seminar Nasional 2023 Tingkat Nasional	2023, Prodi Fisika, FMIPA UNNES
7	PILMAPRES Tingkat Falkutas	Mahasiswa Berprestasi	14 – 15 Februari 2022, D12, FMIPA UNNES

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No.	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Lolos Pendanaan dalam Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Skema Penelitian Organisasi	Universitas Negeri Semarang	2024

	Kemahasiswaan Sumber Dana DPA LPPM UNNES Tahun 2024		
2	Mahasiswa Berprestasi FMIPA UNNES	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	2023
3	Mahasiswa Pilihan 1 Prodi Fisika Murni	Prodi Fisika	2023
4	<i>Winner of Essay Internasional GOLD MEDALS</i>	<i>Faculty of Agricultural Technology Brawijaya University</i>	2023
5	Award Certificate Awardees of Sakura Science, Technology, and Innovation Award (SSTIA) 2023"Class C: Collaborative Efforts in Achieving Food Security: ASEAN and Japan Coopertation di event Sakura Science, Techonology, and Innovation Award (SSTIA) 2023, Japan	Sakura Science Club/SSTIA dengan kolaborasi BRIN & Japan Science and Technology Agency (JST)	2023
6	Presenter at the International Seminar on Agriculture, Engineering & Technology, UMY Grace	Universitas Mummadiyah Yogyakarta	2023
7	Silver Medal World Invention Competition and Exhibition	World Invention Competition and Exhibition (WICE) 2023, Mahsa University, Malaysia	2023
8	<i>Winner of Essay Internasional BRONZE MEDALS</i>	<i>Faculty of Agricultural Technology Brawijaya University</i>	2023
9	HAKI Karya Ilmiah "Exploring the Potential of Thin Layer ZnO Deposited by Spray Pyrolysis as a Solar Cell Window Candidate"	Kementeriaan Hukum dan HAM	2023


10	HAKI Karya Ilmiah "Exploring The Potential Of Bacterial Cellulose- Based Waveguide Biosensors For Ethanol Detection In Halal Food Assurance"	Kementerian Hukum dan HAM	2023
11	HAKI Karya Ilmiah "Deep Learning And WebGIS Integration For Monitoring And Prediction Of Harvest Quality Based On IANS Technology"	Kementerian Hukum dan HAM	2023
12	HAKI Progam Komputer "CARDIONET (CARDIOVASCULAR NETWORK): INTEGRATION OF HEART RATE AND OXYGEN SENSORS TO PREVENT SUDDEN CARDIAC ARREST WITH IoT	Kementerian Hukum dan HAM	2023
13	JUARA 1 Essai PIF XXXIII	Pekan Ilmiah Fisika, Hima Fisika FMIPA UNNES	2022
14	Mahasiswa Berprestasi II	Prodi Fisika	2022

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Kudus, 30 Juni 2024

Anggota Tim,


Galih Ridho Utomo

Lampiran 2. Biodata Dosen Pendamping

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Harjito, S.Pd, M.Sc
2	Jenis Kelamin	Laki-laki/Perempuan
3	Program Studi	Pendidikan Kimia
4	NIP/NIDN	197206232005011001/0023067203
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Demak, 23 Jun 1972
6	Alamat E-mail	harjito@mail.unnes.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	6285640776086

B. Riwayat Pendidikan

No	Jenjang	Bidang Ilmu	Institusi	Tahun Lulus
1.	Sarjana (S1)	Pendidikan Kimia	IKIP Semarang	1998
2.	Magister (S2)	Ilmu Kimia	UGM Yogyakarta	2009
3.	Doktor (S3)			

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT (dalam 5 tahun terakhir) Pendidikan/Pengajaran

No	Nama Mata Kuliah	Wajib/Pilihan	sks
1.	Matematika Kimia	Wajib	3
2.	Termodinamika Kimia	Wajib	3

Penelitian

No	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1.	Pengembangan Kerangka Kerja Paul-Elder Terintegrasi Kecerdasan Buatan untuk Peningkatan Sikap dan Keterampilan Berpikir Kritis Penelitian Terapan Kepakaran Universitas Negeri Semarang 2023	DIPA FMIPA (Ketua)	2023
2.	Pengembangan Program Perkuliahan Kimia Lingkungan Berwawasan Konservasi Teknologi Kemasan Ramah Lingkungan untuk Meningkatkan Kompetensi Education for Sustainable Development (ESD) Mahasiswa	Dikti (Anggota)	2023

Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun
1.	Pelatihan Produksi Video Interaktif berbasis HTML5 Package (H5P) untuk Konten Pembelajaran Berbasis Literasi Bagi guru-guru SMA Negeri 3 Semarang	DIPA UNNES (Ketua)	2023
2.	PENDAMPINGAN PENGEMBANGAN MODUL AJAR IPA DI SMA BAGI GURU ANGGOTA MGMP BIDANG IPA DI KABUPATEN DEMAK	PASCA SARJANA (anggota)	2023

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Semarang, 26 Juli 2024

Dosen Pendamping



Harjito, S.Pd., M.Sc.
197206232005011001

Lampiran 3. Justifikasi Anggaran Kegiatan

No	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	Belanja Bahan			
	Sensor Ultrasonik HC-SR04	2	15.000,00/kg	30.000,00
	Breadboard	5	10.500,00/buah	52.500,00
	Kabel jumper	5	10.000,00/buah	50.000,00
	ESP32	3	35.000,00/buah	105.000,00
	ESP32-CAM	1	80.000,00/buah	80.000,00
	Baterai LiFeO ₄	4	47.000,00/buah	188.000,00
	Layar OLED I2C	3	34.500,00/buah	103.500,00
	GSM (modul SIM800L)	4	32.000,00/buah	128.000,00
	SIM <i>card</i>	4	10.000,00/buah	40.000,00
	Robot arm	1	95.000,00/buah	95.000,00
	Mobil dengan remot	1	80.000,00/gram	80.000,00
	Saklar	3	10.000,00/buah	30.000,00
	BMS 25	4	25.000,00/buah	100.000,00
	Step up	4	16.000,00/buah	64.000,00
	Akrilik	3	15.000,00/(70x40) cm	45.000,00
	Sensor Inersia	1	53.000,00/buah	53.000,00
	Odometer	1	35.000,00/buah	35.000,00
	Sensor LINDAR	1	40.000,00/buah	40.000,00
	Sensor radar	1	79.000,00/buah	79.000,00
	Camera	1	30.000,00/buah	30.000,00
	Tempat sampah	3	24.000,00/buah	72.000,00
SUB TOTAL				1.500.000,00
2.	Belanja Sewa			
	Jasa teknisi	2	87.500,00/orang	175.000,00
	Sewa Lab	2	100.000,00/lab	200.000,00
SUB TOTAL				375.000,00
3.	Perjalanan Lokal			
	Keperluan pembelian barang	5	60.000,00/perjalanan	300.000,00
	Keperluan uji coba	5	40.000,00/perjalanan	200.000,00
SUB TOTAL				500.000,00
4.	Lain-lain			
	Biaya berlangganan internet	3	25.000,00/bulan	75.000,00
	Jasa bengkel/uji coba	1	50.000,00/layanan	50.000,00

SUB TOTAL	125.000,00
GRAND TOTAL	2.500.000,00
GRAND TOTAL (Terbilang dua juta lima ratus ribu rupiah)	

Lampiran 4. Susunan Tim Pengusul dan Pembagian Tugas

No	Nama/NIM	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)	Uraian Tugas
1.	Ika Jati Wahyuningsih/ 4313422077	Kimia	Managemen Informasi/ <i>Researcher</i>	6	Bertanggung jawab atas studi literatur dan penyusunan proposal. Membantu dalam pembuatan piranti device, penyusunan laporan kemajuan dan akhir, serta implementasi perangkat keras tambahan.
2.	Aulia Hilma Yuanika/ 4401422084	Pendidikan Biologi	Developer	6	Perizinan dan administrasi pengembangan alat, pengujian dan verifikasi alat, dan evaluasi alat.
3.	Galih Ridho Utomo/ 4211421036	Fisika	Data Mining	6	Bertanggung jawab atas perencanaan dan persiapan kebutuhan, pengkodean alat, pengolahan dan analisis data, dan integrasi GNSS.
4.	Aditya Rizqi Pradana/ 2304130035	Teknik Informatika	Designer	6	Bertanggung jawab atas pembuatan design alat. perencanaan dan persiapan kebutuhan, pengkodean alat, pengolahan dan analisis data, serta evaluasi alat.

Lampiran 5. Surat Pernyataan Ketua Tim Pengusul

SURAT PERNYATAAN KETUA TIM PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Ketua Tim	:	Ika Jati Wahyuningsih
Nomor Induk Mahasiswa	:	4311422007
Program Studi	:	Kimia
Nama Dosen Pendamping	:	Harjito, S.Pd., M.Sc.
Perguruan Tinggi	:	Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-KC saya dengan judul **"EcoWasteMart: Rancang Bangun Smart Waste Management secara Realtime dengan Metode Fuzzy Logic Terintegrasi GNSS Sebagai Inovasi Monitoring dan Pengelolaan Sampah"** yang diusulkan untuk tahun anggaran 2024 adalah:

1. Asli karya kami, belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber dana lain, dan tidak dibuat dengan menggunakan kecerdasan buatan/artificial intelligence (AI).
2. Kami berkomitmen untuk menjalankan kegiatan PKM secara sungguh-sungguh hingga selesai.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya yang sudah diterima ke kas negara.

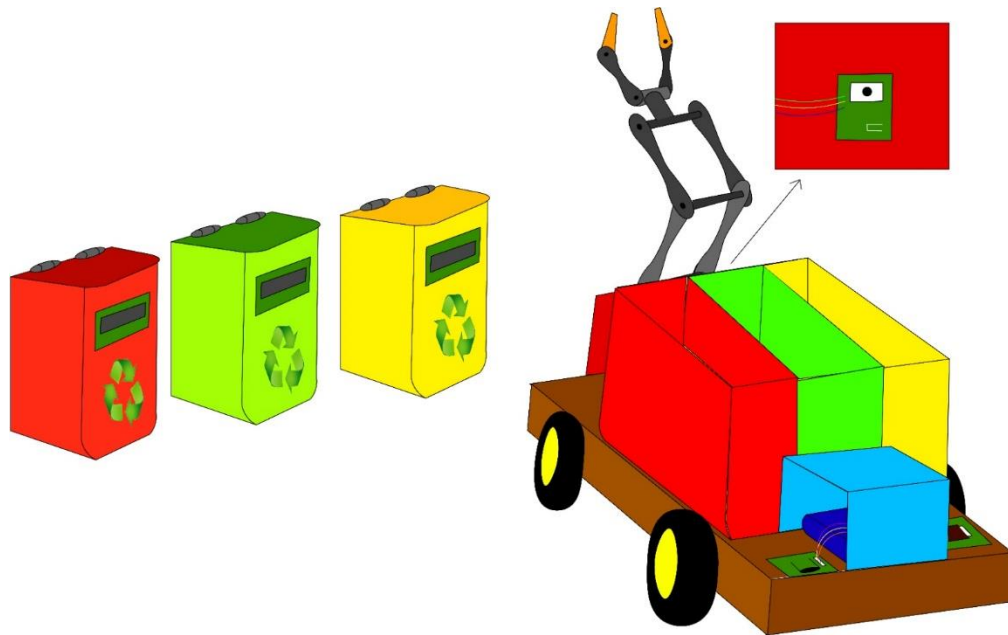
Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Semarang, 30 Juni 2024



(Ika Jati Wahyuningsih)
NIM. 4311422007

Lampiran 6. Gambaran Teknologi yang akan Dikembangkan



Keterangan:

Sistem ini menggunakan metode *Fuzzy logic* dan integrasi GNSS (*Global Navigation Satellite System*) untuk memantau dan mengelola sampah secara real-time. Kotak sampah dalam gambar ini memiliki warna-warna berbeda, yang kemungkinan mewakili kategori sampah yang berbeda:

- a. **Hijau:** Sampah organik, seperti sisa makanan, kulit buah, dan daun kering.
- b. **Kuning:** Sampah anorganik yang dapat didaur ulang, seperti plastik, botol dan kaleng.
- c. **Merah:** Sampah berbahaya dan beracun (B3), seperti baterai, lampu neon, dan obat-obatan.