

Rekayasa Sistem Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Berbasis IoT

Muspita^{1*}, Hadriansa², Okky Herodion Simung³

^{1*,2,3} Teknik Informatika, STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, Tarakan, Kalimantan Utara
Email: ^{1*}1951020@student.ppkia.ac.id, ²ansar@ppkia.ac.id, ³okky@ppkia.ac.id

Abstrak

Pemilahan sampah umumnya masih dilakukan secara manual, seperti memisahkan sampah logam dan non-logam secara langsung dengan tangan. Proses ini kurang efisien dari segi waktu dan tenaga. Sebagai solusi, penelitian ini mengembangkan sistem pemilah sampah logam dan non-logam berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor proximity induktif, sensor proximity kapasitif, servo, dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sesuai konsep IoT, sistem ini terintegrasi dengan aplikasi Thingspeak yang berfungsi sebagai pusat notifikasi kapasitas tempat sampah, sehingga dapat dipantau oleh petugas kebersihan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penutup tempat sampah akan terbuka otomatis saat objek terdeteksi pada jarak kurang dari 60 cm. Apabila sampah mengandung logam, servo akan berputar 180° ke kiri untuk mengarahkannya ke wadah logam, sedangkan untuk sampah non-logam servo berputar 180° ke kanan menuju wadah non-logam. Pemilahan sampah hanya dapat dilakukan jika sensor proximity induktif mendeteksi objek pada jarak maksimal 5 mm dan sensor proximity kapasitif pada jarak maksimal 2 cm.

Kata Kunci: rekayasa, iot, sampah, logam, non logam.

Design of IoT-Based Metal and Non-Metal Waste Sorter Systems

Abstract

Waste sorting is generally still carried out manually, such as separating metal and non-metal waste directly by hand. This process is inefficient in terms of time and labor. As a solution, this study develops an Internet of Things (IoT)-based metal and non-metal waste sorting system. The system is designed using a NodeMCU ESP8266 microcontroller, an inductive proximity sensor, a capacitive proximity sensor, a servo motor, and an HC-SR04 ultrasonic sensor. Following the IoT concept, the system is integrated with the Thingspeak application, which functions as a notification center for the trash bin capacity, allowing it to be monitored by cleaning staff. The test results show that the trash bin lid will open automatically when an object is detected at a distance of less than 60 cm. If the waste contains metal, the servo will rotate 180° to the left to direct it into the metal container, whereas for non-metal waste, the servo will rotate 180° to the right toward the non-metal container. Waste sorting can only be performed if the inductive proximity sensor detects an object at a maximum distance of 5 mm and the capacitive proximity sensor at a maximum distance of 2 cm.

Keywords: design, iot, waste, metal, non-metal.

I. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi dan kemajuan teknologi saat ini, berbagai perubahan signifikan memengaruhi kehidupan manusia. Salah satunya adalah peningkatan pembangunan di berbagai wilayah, yang berdampak pada bertambahnya jumlah penduduk di daerah tersebut. Salah satu konsekuensi negatif dari kondisi ini adalah meningkatnya volume sampah yang dihasilkan setiap tahunnya, termasuk penumpukan sampah di tempat umum seperti bak sampah [1].

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2021, Indonesia menghasilkan sekitar 21,88 juta ton sampah. Salah satu langkah untuk mengurangi penumpukan sampah tersebut adalah melalui proses daur

ulang. Tahapan awal yang penting dilakukan adalah memisahkan sampah berdasarkan jenisnya agar dapat diolah kembali oleh masyarakat.

Pemilahan sampah umumnya dibedakan menjadi dua kategori, yaitu sampah logam dan nonlogam. Pemisahan ini penting dilakukan karena sampah berbahan logam tidak dapat terurai secara alami, berbeda dengan sampah nonlogam yang sebagian besar tergolong organik dan dapat terurai. Sampah nonlogam meliputi kertas, botol, plastik, dan sejenisnya, sedangkan sampah logam mencakup besi, aluminium, tembaga, dan seng [2], [3].

Proses pemilahan ini dapat dioptimalkan dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things (IoT)*. IoT

merupakan konsep teknologi di mana suatu objek dilengkapi dengan sensor dan perangkat lunak sehingga dapat berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data dengan perangkat lain selama terhubung ke jaringan internet [1], [3].

Penelitian ini berfokus pada pengembangan tempat sampah pintar yang mampu memilah sampah logam dan nonlogam secara otomatis serta dilengkapi penutup yang dapat membuka dan menutup secara otomatis. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan pengguna yang hendak membuang sampah. Setelah sampah masuk, proses pemilahan dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan sensor proximity induktif untuk mendeteksi material logam dan sensor proximity kapasitif untuk mendeteksi material nonlogam.

Selain itu, sensor ultrasonik tambahan digunakan untuk memantau kapasitas tempat sampah. Seluruh sistem dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler. Melalui integrasi teknologi Internet of Things (IoT), informasi kapasitas tempat sampah dapat diakses secara real-time oleh petugas kebersihan, sehingga mempermudah proses pengelolaan dan pengangkutan sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Analisa Perangkat

Sistem pemilah sampah logam dan non-logam berbasis IoT ini dirancang untuk memudahkan petugas kebersihan dalam memisahkan kedua jenis sampah tersebut, sekaligus memantau kapasitas tempat sampah guna mencegah terjadinya penumpukan. Melalui teknologi ini, petugas dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh, sehingga proses pengecekan kapasitas menjadi lebih efektif dan efisien. Perangkat ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengolahan data dan pengendalian seluruh fungsi sistem. NodeMCU ESP8266 memiliki modul Wi-Fi bawaan, menjadikannya sangat sesuai untuk penerapan pada proyek berbasis IoT.

Langkah awal yang dilakukan penulis dalam perancangan perangkat adalah membuat minatur tempat sampah berbahan kayu berbentuk persegi panjang sebagai tempat peletakan semua komponen. Pada rangkaian alat yang terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak objek terdekat yang ingin membuang sampah dan mengecek volume tempat sampah, sensor proximity induktif sebagai pendeteksi sampah logam, sensor proximity kapasitif sebagai pendeteksi sampah non logam, servo MG995 sebagai pengangkat tutup tempat sampah dan mengeser sampah ke tempat sampah, dan LCD akan menampilkan keterangan sampah yang telah dibuang.

Dalam pengoperasiannya, perangkat harus terlebih dahulu terhubung ke jaringan internet. Saat sebuah objek mendekati penutup tempat sampah, sensor ultrasonik akan mendeteksinya dan secara otomatis membuka penutup. Setelah sampah dimasukkan, sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif akan memindai untuk mengidentifikasi kandungan logam atau non-logam. Berdasarkan hasil pemindaian tersebut, sampah kemudian dikategorikan menjadi sampah logam atau non-logam. Selanjutnya untuk proses pengecekan kapasitas

tempat sampah, sensor ultrasonik HC-SR04 akan mengirim data ke NodeMCU ESP8266 kemudian mengirim volume sampah melalui aplikasi Thingspeak. Pada aplikasi thingspeak terdapat informasi berupa lampu indikator yang menunjukkan kapasitas tempat sampah penuh dan tempat sampah kosong juga menampilkan nilai volume dari sampah logam dan non logam.

B. Thingspeak

ThingSpeak adalah platform berbasis web yang umum digunakan untuk pengembangan proyek dengan sistem Internet of Things (IoT). Platform ini bersifat open source dan mendukung pengoperasian aplikasi serta Application Programming Interface (API). Data yang diterima oleh ThingSpeak dapat disimpan dan diakses melalui berbagai perangkat menggunakan protokol HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), baik melalui koneksi internet maupun Local Area Network (LAN) [4].

Sebagai layanan cloud, ThingSpeak memungkinkan pengguna melakukan proses pemantauan (*monitoring*) dan pengendalian (*controlling*) layaknya sistem IoT pada umumnya. Platform ini mampu menerima dan menampilkan data, kemudian mengirimkannya kembali ke perangkat atau antarmuka (*interface*) lainnya.

ThingSpeak juga menyediakan beragam fitur yang bermanfaat, seperti Open API, pengumpulan data secara real time, data geolokasi, pemrosesan data, visualisasi data, pesan status perangkat, serta dukungan plugins untuk memperluas fungsi sistem.

C. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan platform Internet of Things (IoT) bersifat *open source* yang terdiri atas perangkat keras berbasis System on Chip (SoC) ESP8266 [5]. Bentuk fisik NodeMCU ESP8266 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. NodeMCU ESP8266

Karena inti (*jantung*) dari NodeMCU adalah modul ESP8266, khususnya seri ESP-12 termasuk ESP-12E, maka fitur-fitur yang dimilikinya sebagian besar serupa dengan modul ESP-12. Namun, NodeMCU dilengkapi dengan API bawaan yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman eLua, yang sintaksnya memiliki kemiripan dengan JavaScript.

Beberapa fitur tersebut antara:

1. 10 Port GPIO dari D0 – D10
2. Fungsionalitas PWM
3. Antarmuka I2C dan SPI
4. Antarmuka 1 Wire
5. ADC

Modul ini beroperasi pada tegangan sekitar 3,3 volt dan mendukung tiga mode koneksi Wi-Fi, yaitu Station, Access

Point, dan Station + Access Point secara bersamaan. NodeMCU juga dilengkapi prosesor, memori, serta pin GPIO yang jumlahnya bergantung pada tipe ESP8266 yang digunakan.

D. Sensor Proximity Kapasitif

Sensor proximity kapasitif merupakan komponen input utama yang digunakan untuk mendeteksi nilai kapasitansi suatu objek dalam proses identifikasi jenis sampah. Sensor ini mampu mendeteksi objek dengan bahan dielektrik rendah, seperti kaca atau plastik, bahkan cairan [6]. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan nilai kapasitansi antara permukaan sensor dan objek yang terdeteksi, di mana besar kapasitansi dipengaruhi oleh ukuran serta jarak objek tersebut.

Kelebihan sensor proximity kapasitif adalah kemampuannya mendeteksi hampir semua jenis material, baik logam maupun nonlogam. Namun, sensor ini memiliki keterbatasan pada jarak deteksi yang relatif pendek, yaitu maksimal sekitar 2 cm. Bentuk fisik sensor proximity kapasitif ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Proximity Kapasitif

E. Sensor Proximity Induktif

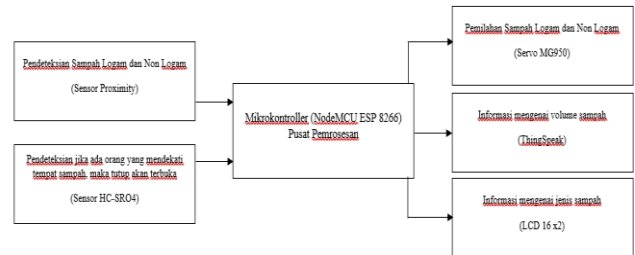
Sensor proximity induktif merupakan sensor jarak yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek berbahan logam [6], [7]. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan medan elektromagnetik untuk mengidentifikasi logam di sekitarnya ketika berada pada jarak deteksi kurang dari 1 inci atau sekitar 5 mm. Sensor proximity induktif terdiri atas empat komponen utama, yaitu circuit, trigger, coil, dan oscillator. Kelebihan sensor ini adalah tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi logam. Namun, keterbatasannya terletak pada kemampuan deteksi yang hanya berlaku untuk material logam serta jarak jangkauan yang relatif pendek. Bentuk fisik sensor proximity induktif ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor Proximity Induktif

F. Block Diagram

Blok diagram adalah gambaran tentang alir komponen-komponen yang digunakan agar pembaca dapat melihat dan memahami rangkaian alir komponen yang digunakan. Blok diagram perangkat ditunjukkan pada gambar 4.

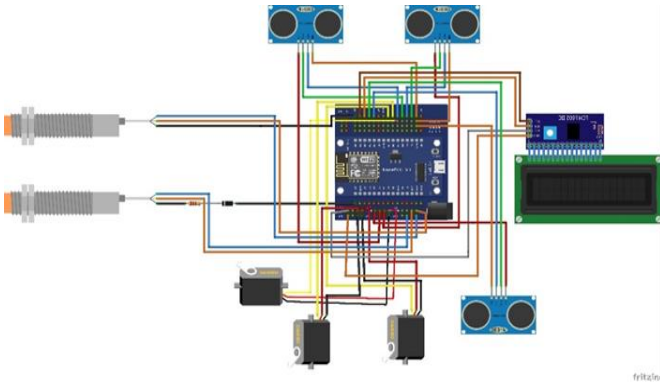


Gambar 4. Block Diagram

Gambar 4 menampilkan beberapa bagian utama dari sistem pemilahan sampah berbasis IoT ini. NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler yang menjadi pusat kendali bagi semua modul dan komponen yang terhubung. Sistem ini dilengkapi dengan tiga sensor ultrasonik HC-SR04, di mana sensor pertama berfungsi sebagai pendeteksi objek terdekat, sensor kedua mendeteksi volume sampah logam, dan sensor ketiga mendeteksi volume sampah non-logam. Sensor proximity juga digunakan, dengan sensor proximity induktif untuk mendeteksi sampah logam dan sensor proximity kapasitif untuk mendeteksi sampah non-logam. Tiga servo MG9950 digunakan untuk mengoperasikan tutup tempat sampah dan memutar arah pembuangan berdasarkan jenis sampah yang terdeteksi; satu servo mengangkat tutup tempat sampah, servo kedua memutar 180° ke kanan untuk sampah non-logam, dan servo ketiga memutar 180° ke kiri untuk sampah logam. Sistem ini juga dilengkapi dengan LCD 16x2 yang menampilkan informasi tentang sampah logam dan non-logam yang telah terdeteksi. Tempat sampah logam dan non-logam masing-masing disediakan untuk menampung sampah sesuai jenisnya, berdasarkan deteksi dari sensor proximity. Data mengenai kapasitas dan volume sampah kemudian dikirim ke cloud server melalui platform cloud computing, sehingga dapat diakses oleh petugas kebersihan melalui aplikasi Thingspeak yang menampilkan informasi kapasitas dan volume tempat sampah.

G. Skema Rangkaian

Skema rangkaian merupakan gambaran umum mengenai alur komponen elektronika yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan para pembaca untuk memahami rangkaian beserta alur komponen yang digunakan oleh penulis atau perancang. Skema perangkat dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Skema Rangkaian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Coba Antarmuka Perangkat

Desain antarmuka merupakan media yang dirancang untuk mempermudah pengguna dalam mengoperasikan suatu perangkat. Konsep ini sering disebut dengan user design. Pada penelitian ini, desain antarmuka perangkat pemilah sampah logam dan nonlogam dibuat menggunakan bahan kayu yang dilapisi alvaboard sebagai dinding, sehingga memberikan tampilan yang rapi dan mendukung fungsi perangkat secara optimal.



Gambar 6 Desain Antarmuka Perangkat

Gambar 6 menampilkan perangkat pemilah sampah logam dan nonlogam dalam bentuk miniatur yang terbuat dari kayu. Bagian kayu disatukan dengan paku sehingga kokoh namun tetap ringan, sehingga perangkat mudah dipindahkan atau digeser tanpa mudah rusak. Permukaan dindingnya dilapisi alvaboard untuk memberikan tampilan yang rapi. Sebagai wadah penampung, digunakan dua toples berkapasitas lima liter yang masing-masing difungsikan untuk menampung sampah logam dan nonlogam.

Proses pemilahan dilakukan dengan bantuan dua jenis sensor. Sensor proximity induktif berfungsi mendeteksi sampah logam, sedangkan sensor proximity kapasitif digunakan untuk mendeteksi sampah nonlogam. Selain itu, terdapat sensor ultrasonik yang akan mengaktifkan servo untuk membuka tutup tempat sampah dengan sudut 180° apabila mendeteksi objek pada jarak kurang dari 60 cm. Desain antarmuka perangkat ini dapat dilihat pada Gambar 6.

B. Sensor Ultrasonik Deteksi Objek Terdekat

Pada pengujian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek yang mendekati ke perangkat. Apabila objek terdeteksi pada jarak kurang dari 60 cm, sensor akan memicu servo sebagai mekanisme pembuka tutup tempat sampah. Dalam kondisi tersebut, layar LCD akan menampilkan keterangan "Buka" sebagai indikator. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. LCD akan menampilkan buka

C. Peletakan Sampel Sampah Pada Sensor

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sampah secara tepat di atas kedua sensor, yaitu sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif, untuk mendeteksi jenis sampah yang akan dipilah. Miniatur tempat peletakan sensor memiliki daya angkat maksimal sekitar 1 kg, sehingga berat sampah yang diuji disesuaikan dengan kapasitas tersebut. Ukuran sampah juga menyesuaikan dengan skala miniatur yang digunakan. Posisi peletakan sampah pada sensor ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Peletakan Sampah Sampah Pada Sensor

D. Sensor Proximity Induktif Mendeteksi Sampah Logam

Pengujian dilakukan menggunakan sampah berupa sendok berbahan besi yang diletakkan pada sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif. Uji coba ini ditunjukkan pada Gambar 9. Pada pengujian tersebut, kedua sensor berhasil mendeteksi bahwa objek yang diuji merupakan sampah logam. Informasi hasil deteksi ditampilkan pada layar LCD dengan keterangan "Sampah Logam". Tampilan hasil deteksi oleh sensor proximity induktif ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Uji Coba Sampah Sendok Besi



Gambar 10. Sensor Proximity Induktif Mendeteksi Sampah Logam

E. Sensor Proximity Kapasitif Mendeteksi Sampah Non Logam

Pengujian berikutnya dilakukan menggunakan sampah berupa styrofoam yang diletakkan pada sensor proximity induktif dan sensor proximity kapasitif. Proses uji coba ini ditunjukkan pada Gambar 11. Pada pengujian tersebut, kedua sensor mendeteksi bahwa objek yang diuji merupakan sampah nonlogam. Hasil deteksi ditampilkan pada layar LCD dengan keterangan "Sampah NonLogam". Tampilan hasil deteksi oleh sensor proximity kapasitif ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Uji Coba Sampah Styrofoam



Gambar 12. Sensor Proximity Kapasitif Mendeteksi Sampah NonLogam

F. Monitoring Volume Tempat Sampah Pada Aplikasi Thingspeak

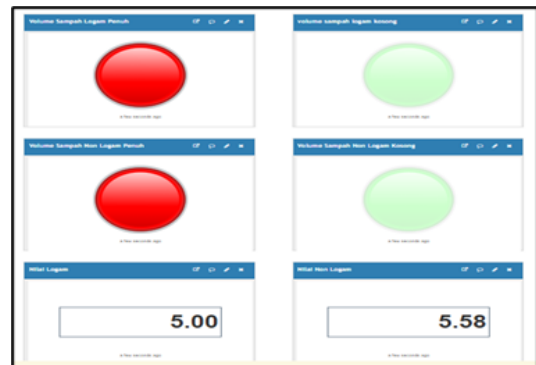
Pada pengujian volume sampah logam dan nonlogam dalam kondisi kosong, indikator lampu menyala berwarna hijau. Nilai pembacaan sensor untuk tempat sampah logam adalah 11,95, sedangkan untuk nonlogam sebesar 11,87. Penentuan status kosong atau penuh dilakukan dengan menggunakan nilai perbandingan sebesar 6 cm. Jarak antara

sensor ultrasonik dan bagian bawah tempat sampah adalah 15 cm. Apabila kapasitas terisi masih lebih besar dari 6 cm, maka tempat sampah dianggap dalam kondisi kosong. Ilustrasi hasil pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan Volume Tempat Sampah Kosong

Pada uji coba volume sampah logam dan non logam dalam keadaan penuh lampu akan berwarna merah. Dimana, untuk nilai logam 5.00 dan non logam 5.58. Untuk menentukan kosong atau penuh dengan menentukan nilai perbandingan, nilai perbandingan yang digunakan 6 cm. Jarak antara sensor ultrasonik dan bagian bawah tempat sampah 15 cm, apabila kapasitas sampah lebih kecil dari 6 cm, maka volume sampah penuh. Dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Tampilan Volume Tempat Sampah Kosong

Terdapat pula kondisi dimana salah satu volume tempat sampah dalam keadaan penuh dan kosong dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Tampilan Volume Tempat Sampah Penuh dan Kosong

Hasil Analisa

Berdasarkan hasil pembacaan, seluruh sensor telah berfungsi dengan baik. Sensor proximity induktif dan kapasitif mampu mendeteksi dengan tepat perbedaan antara sampah logam yang mengandung unsur logam dan sampah non-logam yang tidak mengandung unsur logam. Sensor ultrasonik juga dapat mengukur volume sampah pada miniatur tempat sampah dan mengirimkan data tersebut ke aplikasi ThingSpeak. Hasil uji coba memasukkan sampah pada alat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Coba Sampah

No	Sampah	Jenis Sampah	Masuk Ke	
			Tempat Sampah Logam	Tempah Sampah Non Logam
1	Kertas	Non Logam	Tidak	Ya
2	Plat Besi	Logam	Ya	Tidak
3	Botol Plastik	Non Logam	Tidak	Ya
4	Gunting	Logam	Ya	Tidak
5	Kayu	Non Logam	Tidak	Ya
6	Sendok Besi	Logam	Ya	Tidak
7	Kain	Non Logam	Tidak	Ya
8	Kaleng Minuman	Logam	Ya	Tidak
9	Kawat	Logam	Ya	Tidak
10	Stayrofoam	Non Logam	Tidak	Ya

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan utamanya, yaitu mendeteksi sampah logam dan non-logam. Sensor proximity induktif dan kapasitif bekerja optimal dalam jarak tertentu, yaitu masing-masing 5 cm dan 2 cm dari objek sampah, sementara sensor ultrasonik berfungsi dengan baik untuk mendeteksi kapasitas tempat sampah. Data mengenai

kapasitas sampah dikirim ke aplikasi ThingSpeak untuk memantau kapan tempat sampah perlu dikosongkan, dan LCD pada alat akan aktif berdasarkan sinyal dari sensor-sensor tersebut. Namun, alat ini hanya mampu mendeteksi bagian luar dari sampah yang terdeteksi.

Penulis menyarankan beberapa perbaikan untuk pengembangan alat ini ke depannya. Pertama, perlu dilakukan peningkatan pada sensor agar dapat mendeteksi sampah dari jarak yang lebih jauh. Selain itu, disarankan untuk menambahkan modul solar panel yang terhubung dengan baterai, sehingga alat dapat tetap berfungsi meskipun terjadi pemadaman listrik PLN. Terakhir, penambahan modul Wi-Fi yang selalu aktif, baik menggunakan daya dari PLN maupun baterai, diusulkan untuk meningkatkan kinerja dan keandalan alat ini.

REFERENSI

- [1] A. Wafi, H. Setyawan, and S. Ariyani, "Prototipe Sistem Smart Trash Berbasis IOT (Internet Of Things) dengan Aplikasi Android," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 20–29, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3134
- [2] L. Harmaji and Khairullah, "Rancang Bangun Tempat Pemilahan Sampah Logam dan non logam otomatis berbasis mikrokontroler," *Progresif J. Ilm. Komput.*, vol. 15, no. 2, pp. 73–82, 2019.
- [3] P. L. E. Aritonang, E. C. Bayu, S. D. K, and J. Prasetyo, "Rancang Bangun Alat Pemilahan Sampah Cerdas Otomatis the Prototype of Automatic Smart Trash Clustering Tool," *SNITT*, vol. 5, no. 1, pp. 375–381, 2017.
- [4] D. Erwanto, T. Sugiarto, dan others, "Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things," *MULTITEK INDONESIA*, vol. 14, no. 1, hlm. 1–12, 2020.
- [5] A. Darmawan H, *NodeMCU ESP8266-12 untuk Internet of Things*. Yogyakarta, Zahir Publishing, 2023.
- [6] A. Kadir, *Arduino & Sensor*. Yogyakarta, Andi, 2018.
- [7] A. S. Romadhon, F. Umam, *Project Sistem kontrol Berbasis Arduino*. Malang, Media Nusa creative (MNC Publishing), 2022.