

Perancangan Sistem Monitoring Pada Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Internet Of Things Menggunakan Aplikasi Blynk

Ginas Alvianingsih¹, Tri Wahyu Oktaviana Putri², Pratiwi Maharani³

^{1,2,3} Institut Teknologi PLN
pratiwi1811195@itpln.ac.id

ABSTRACT

Currently, waste is a dilemma in every country, both developing and developed countries. Transporting waste from Temporary Disposal Sites to Final Disposal Sites with slow garbage trucks can cause waste accumulation. For this reason, a system is needed that can provide notifications to officials to immediately go to a full trash can and transport the waste to the Final Disposal Site. This study aims to design and build a garbage level monitoring system that is applied to garbage containers in an Automatic Waste Sorting Equipment. This monitoring system is installed on metal, organic, and inorganic waste containers consisting of three HC-SR04 ultrasonic sensors attached to each of these waste containers. This system is controlled by a microcontroller that can connect to the internet, namely NodeMCU ESP8266. Monitoring the height of trash cans can be done anywhere using a device that has the Blynk application installed. From the results of the test, it is known that the system can measure the height of the waste in real-time from a distance of 0 to 25 cm. The monitoring system can also send notifications when the trash container is full up to 1 km of testing.

Keywords: *Monitoring System, Node MCU ESP8266, Blynk*

ABSTRAK

Saat ini, sampah menjadi salah satu dilema di setiap negara, baik di negara berkembang maupun di negara maju. Pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara menuju Tempat Pembuangan Akhir dengan truk sampah yang lambat dapat menyebabkan terjadinya penumpukan sampah. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang dapat memberikan notifikasi kepada petugas untuk segera mendatangi tempat sampah yang sudah penuh dan mengangkut sampah tersebut ke Tempat Pembuangan Akhir. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem monitoring ketinggian sampah yang diterapkan pada wadah sampah di sebuah Alat Pemilah Sampah Otomatis. Sistem monitoring ini dipasang pada wadah sampah logam, organik, dan anorganik yang terdiri dari tiga buah sensor ultrasonik HC-SR04 yang terpasang pada masing-masing wadah sampah tersebut. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler yang dapat terhubung dengan internet yaitu NodeMCU ESP8266. Pemantauan ketinggian tempat sampah dapat dilakukan dimana saja dengan menggunakan perangkat yang sudah terinstal aplikasi Blynk. Dari hasil dari pengujian diketahui bahwa sistem dapat mengukur ketinggian sampah secara real-time mulai dari jarak 0 sampai dengan 25 cm. Sistem monitoring juga dapat mengirim notifikasi ketika wadah sampah sudah penuh sampai dengan pengujian sejauh 1 km.

Kata kunci: *Sistem Monitoring, Node MCU ESP8266, Blynk*

1. PENDAHULUAN

Saat ini, sampah menjadi salah satu dilema di setiap negara, baik di negara berkembang maupun di negara maju karena dapat menimbulkan masalah khususnya kebersihan, kerapihan, dan bau yang dihasilkan [1]. Pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dengan truk sampah yang lambat dapat menyebabkan terjadinya penumpukan sampah yang melebihi daya tampung TPS. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2021, jumlah timbunan sampah di Indonesia mencapai 21,45 juta ton, dengan provinsi Jawa Tengah adalah yang terbanyak, yaitu mencapai 3,17 juta ton. Untuk mengatasi masalah penimbunan sampah, maka diperlukan suatu sistem yang dapat memantau penumpukan sampah di TPS dan mengirimkan notifikasi agar dapat segera diangkut ke TPA.

Pada era modern ini, IoT (*Internet of Things*) sedang berkembang pesat. IoT pada dasarnya ialah sistem yang menghubungkan perangkat apa pun dengan sakelar ke Internet dan sebaliknya untuk mengumpulkan dan berbagi data satu sama lain. Semua objek yang merupakan bagian dari IoT memiliki sensor tertanam yang menambah tingkat kecerdasan digital dan memungkinkan komunikasi data secara bersamaan tanpa melibatkan manusia [2]. Pemanfaatan IoT untuk memonitor sampah dalam penampungan sampah dapat digunakan untuk menunjang terealisasinya smart management system pengelolaan sampah [3], [4].

Beberapa penelitian berkaitan dengan monitoring tempat sampah telah berhasil dilakukan, diantaranya [5], [6], dan [7] membuat sistem monitoring tempat sampah berbasis mikrokontroler dan Android dengan menggunakan sensor HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian sampah dan mendeteksi jarak orang membuang sampah, sensor proximity sebagai pemilah sampah, dan aplikasi Android berbasis IoT untuk memberikan informasi secara Real-Time tentang kapasitas dan status dari tempat sampah. Tindakan pengosongan tempat sampah ditentukan dengan metode logika fuzzy dengan akurasi 70% dalam mengidentifikasi tindakan. Sedangkan [8] membuat sistem monitoring tong sampah menggunakan Arduino Uno sebagai pengolah data, GSM SIM800L sebagai pemberi notifikasi ke petugas kebersihan, dan sensor ultrasonic untuk mendeteksi ketinggian sampah. Sampah yang penuh akan membuat Arduino mengaktifkan solenoid lock dan GSM SIM800L akan mengirimkan SMS ke handphone bila sampah sudah penuh. Untuk membuka solenoid dilakukan dengan cara membalas pesan dari GSM SIM800L.

Penelitian ini bertujuan merancang suatu sistem monitoring ketinggian sampah pada pemilah sampah otomatis yang dapat dipantau dari jarak jauh dengan menggunakan IoT. IoT yang digunakan ialah aplikasi Blynk, yang dapat memantau dan memberikan notifikasi ketika sampah sudah penuh. Aplikasi ini terkoneksi dengan board mikrokontroler yang memiliki modul Wi-Fi, dimana modul tersebut harus terkoneksi dengan internet. Penelitian ini menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai pengukur ketinggian sampah pada tempat sampah yang dikendalikan oleh Node MCU ESP8266 untuk mengirimkan data ke Cloud agar dapat mengirimkan notifikasi ke Aplikasi Blynk.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah merancang suatu sistem monitoring untuk suatu pemilah sampah otomatis dan melakukan pengujian karakteristik kerja dari sistem monitoring tersebut. Sistem monitoring yang dibangun terdiri atas beberapa komponen utama, antara lain:

- **Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Sensor ultrasonik HC-SR04 ialah sensor yang bekerja dengan cara memantulkan gelombang suara. Sensor memancarkan gelombang suara yang dipantulkan oleh benda di depannya dan kemudian gelombang suara tersebut ditangkap kembali dengan selisih waktu sebagai acuan pendeteksian. Selisih waktu antara gelombang bunyi yang dihasilkan dan gelombang bunyi yang diterima sebanding dengan jarak benda yang dipantulkannya. Macam – macam benda yang bisa diamati oleh sensor adalah benda cair, padat dan partikel. Sensor ultrasonik bisa dengan mudah disambungkan ke mikrokontroler menggunakan salah satu pin I/O. [9]



Gambar 1. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Gelombang ultrasonik ini dapat merambat melalui udara dengan kecepatan 343 m/s, dipantulkan oleh objek lalu kembali ke sensor. Setelah memancarkan gelombang ultrasonik, PING memancarkan pulsa berdaya tinggi dari pin SIG, dan setelah mendeteksi gelombang pantul, PING mengeluarkan sinyal berdaya rendah dari pin SIG. Lebar gelombang pulse yang besar (tIN) sesuai dengan interval waktu di mana ultrasonik berjalan dua kali jarak yang diukur ke objek. Maka jarak yang diukur ialah [9] :

$$s = \frac{(t \times 343 \text{ m/s})}{2} \quad (1)$$

Dimana:

s = Jarak antara objek yang dideteksi dengan sensor (m)

t = Selisih antara waktu pemancaran dengan waktu penerimaan gelombang (s)

v = Cepat rambat gelombang di udara (343 m/s)

- **Node MCU ESP8266**

Node MCU ESP8266 ialah modul mikrokontroler yang dikembangkan menggunakan ESP8266. ESP8266 menyediakan koneksi jaringan Wi-Fi antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan Wi-Fi. Node MCU didasarkan pada bahasa pemrograman Lua, tetapi juga dapat menggunakan Arduino IDE untuk pemrogramannya. [10]



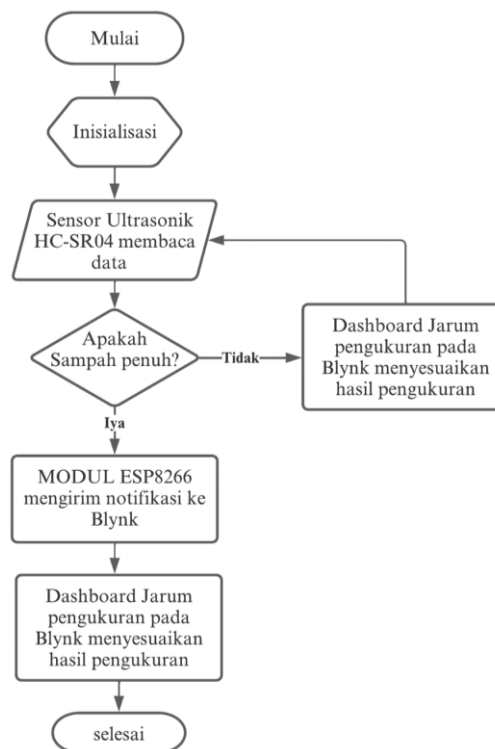
Gambar 2. Node MCU ESP8266

- **Aplikasi Blynk**

Aplikasi Blynk ialah platform pada smartphone untuk mengontrol mikrokontroler seperti Rasbery Pi, Wemos, Arduino dan modul serupa melalui internet. Bagi yang masih awam, aplikasi ini sangat mudah digunakan. Aplikasi ini mempunyai fitur - fitur untuk mempermudah para user dalam penggunaannya. Untuk membuat project pada aplikasi ini sangatlah mudah, kurang dari 10 menit, dengan cara drag dan drop. Aplikasi ini tidak terikat dengan modul atau suatu board tertentu. Selama pengguna terhubung ke internet, pengguna

bisa mengontrol apa saja dari jarak jauh melalui aplikasi ini, di mana pun pengguna berada. Ini disebut IoT (Internet of Things). [11]

Keluaran informasi dari Sensor Ultrasonik HC-SR04 yang mendeteksi level kapasitas sampah akan menjadi input bagi Node MCU ESP8266 sebagai pengendali utama pada sistem hardware dan sekaligus mengirim data dari sensor ke blynk cloud, sehingga dashboard yang dibuat di aplikasi Blynk dapat memproses data yang ada di blynk cloud. Data dari blynk cloud kemudian akan menjadi input bagi aplikasi Blynk sebagai *user interface* sehingga operator dapat mengetahui level ketinggian sampah. Gambar 4 menunjukkan diagram alir dari sistem monitoring yang dibuat.

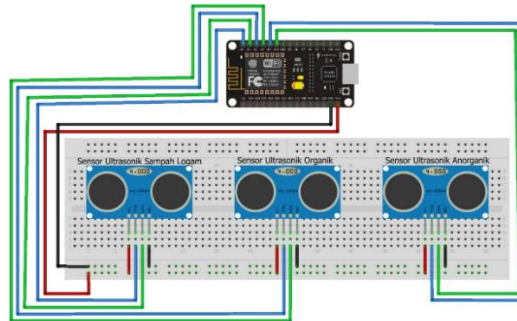


Gambar 3. Diagram Alir Sistem Monitoring Sampah

Cara kerja dari diagram alir alat diawali dengan inisialisasi dari komponen-komponen yang digunakan. Sensor ultrasonik akan melakukan pembacaan data, lalu data yang diterima akan dikirim ke Node MCU ESP8266. Data yang diterima akan diolah sehingga dapat menentukan keputusan. Keputusan akan ditentukan dari pembacaan sensor, apakah tempat sampah penuh atau tidak penuh. Jika tempat penuh maka Node MCU ESP8266 akan mengirim sinyal ke aplikasi blynk yang sudah terinstal di smartphone berupa notifikasi dan akan merubah jarum penunjuk skala pada dashboard yang telah dirancang pada aplikasi Blynk. Jika tempat sampah tidak penuh Node MCU ESP8266 akan mengirim sinyal ke aplikasi Blynk untuk menyesuaikan skala jarum pada dashboard yang telah dirancang di aplikasi Blynk dengan hasil pembacaan sensor ultrasonik, setelah itu sensor ultrasonik akan terus melakukan pengukuran dan monitoring.

Gambar 5 menunjukkan skema rangkaian sistem secara keseluruhan. Alat yang telah selesai dirangkai kemudian diuji kinerjanya dalam melakukan monitoring ketinggian sampah dan mengirim notifikasi. Pengujian dilakukan dengan 10 sampel jarak yaitu 10 m, 20 m, 40 m, 80 m, 120 m, 200

m, 400 m, 600 m, 800 m, 1 km. Kordinasi antara sensor ultrasonik dengan aplikasi Blynk juga akan diuji. Pengujian akan membandingkan hasil pembacaan pada Blynk dengan pengukur jarak sebenarnya.



Gambar 4. Skema Rangkaian Keseluruhan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan melihat kinerja komponen satu per satu kemudian melakukan pengujian secara keseluruhan dalam fungsinya untuk memonitoring alat pemilah sampah otomatis.

3.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik bertujuan untuk menguji keakuratan sensor ultrasonik saat mengukur jarak antara suatu benda dengan sensor itu sendiri. Pada pengujian ini dibandingkan jarak benda hasil pengukuran sensor ultrasonik (S_{Sensor}) dengan jarak ketinggian sampah dari hasil perhitungan manual ($S_{Perhitungan}$) menggunakan rumus (1). Hasil konfirmasi validitas pengukuran jarak oleh sensor ultrasonik adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Validasi Sensor Ultrasonik

| No | S_{Sensor} (cm) | t (μ s) | $S_{Perhitungan}$ (cm) | Validitas (%) |
|----|-------------------|--------------|------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 161 | 2.76 | 72.46% |
| 2 | 5 | 322 | 5.53 | 90.41% |
| 3 | 8 | 495 | 8.5 | 94.11% |
| 4 | 11 | 645 | 11.08 | 99.27% |
| 5 | 14 | 844 | 14.5 | 96.55% |
| 6 | 17 | 990 | 17.01 | 99.94% |
| 7 | 20 | 1173 | 20.15 | 99.25% |
| 8 | 23 | 1340 | 23.02 | 99.91% |
| 9 | 26 | 1536 | 26.39 | 98.52% |
| 10 | 29 | 1707 | 29.32 | 98.91% |

Dari Tabel 1 diketahui bahwa sensor ini sulit dalam mengukur jarak yang sangat dekat di hadapan sensor. Hal ini dibuktikan dari hasil validasi dimana hanya mendapatkan persentase validasi sebesar 72,46 % saat mengukur jarak sejauh 2 cm. Hasil validasi tidak ada yang benar - benar menyentuh 100%, karena waktu yang ditempuh gelombang untuk bolak- balik dari sensor hingga memantul kembali ke sensor adalah berbeda- beda nilainya meskipun dengan jarak pengukuran yang sama.

3.2 Pengujian dengan Aplikasi Blynk

Pengujian dengan aplikasi Blynk bertujuan untuk menguji keakuratan aplikasi Blynk saat menerima hasil dari sensor ultrasonik. Pengujian ini dilakukan agar mengetahui apakah yang nilai terbaca pada serial monitor sama dengan nilai yang ditampilkan pada display pengukuran Blynk. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan sampel jarak yang berbeda.



Gambar 5. Tampilan Blynk untuk Pengujian dengan Aplikasi Blynk

Berikut adalah tabel hasil pengujian untuk kerja Aplikasi Blynk.

Tabel 2. Hasil Pengujian dengan Aplikasi Blynk

| No | S _{Sensor} (cm) | S _{Blynk} |
|----|--------------------------|--------------------|
| 1 | 3 | 3 |
| 2 | 7 | 7 |
| 3 | 11 | 11 |
| 4 | 15 | 15 |
| 5 | 19 | 19 |
| 6 | 23 | 23 |
| 7 | 27 | 27 |
| 8 | 31 | 31 |
| 9 | 34 | 34 |
| 10 | 38 | 38 |

Dari Tabel 2 diketahui bahwa seluruh hasil pengukuran yang tampil di Aplikasi Blynk adalah sama dengan hasil pengukuran jarak oleh sensor.

3.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui bagaimana sistem monitoring mengukur ketinggian sampah pada tempat sampah. Pada mikrokontroler diatur bahwa ketinggian sampah adalah hasil pengurangan dari tinggi tempat sampah dengan jarak dari sensor ke permukaan sampah. Pengujian dilakukan untuk melihat ketinggian sampah pada tempat sampah logam, tempat sampah organik, dan tempat sampah anorganik.



Gambar 7. Display Blynk Saat Menguji Keakuratan Sistem Terhadap Jarak Perangkat

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, diketahui bahwa dimana pengukuran yang ditampilkan pada layar Blynk berjalan dengan baik, namun terjadi beberapa kesalahan yang merupakan dampak dari kinerja sensor ultrasonik yang telah diuji sebelumnya.

Tabel 4. Hasil Tampilan Blynk Terhadap 3 Wadah Tempat Sampah

| No | $S_{\text{Sensor-Benda}}$ | S_{Blynk} (Sampah Logam) | S_{Blynk} (Sampah Organik) | S_{Blynk} (Sampah Anorganik) |
|----|---------------------------|--------------------------------------|--|--|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 5 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 8 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 9 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 10 | 18 | 17 | 18 | 19 |
| 11 | 20 | 19 | 20 | 20 |
| 12 | 22 | 22 | 23 | 23 |
| 13 | 24 | 24 | 24 | 25 |

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan sampel jarak antara tong sampah yang terpasang sistem monitoring dengan perangkat yang terinstal aplikasi Blynk. Pengujian ini untuk mengetahui pengaruh jarak perangkat yang ter-install terhadap sistem monitoring.

Tabel 5. Pengujian Keakuratan Sistem Terhadap Jarak Perangkat

| No | Jarak (m) | S _{Sensor-Benda} (cm) | S _{Blynk} (Sampah Logam) | S _{Blynk} (Sampah Organik) | S _{Blynk} (Sampah Anorganik) | Ket |
|----|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------|
| 1 | 10 | 5 | 5 | 6 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 10 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 2 | 20 | 5 | 5 | 6 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 10 | 11 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 3 | 40 | 5 | 5 | 6 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 11 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 4 | 80 | 5 | 5 | 5 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 10 | 10 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 15 | 15 | Terdeteksi |
| 5 | 120 | 5 | 5 | 5 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 10 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 6 | 200 | 5 | 5 | 6 | 6 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 10 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 7 | 400 | 5 | 5 | 6 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 10 | 11 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 8 | 600 | 5 | 5 | 6 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 10 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 9 | 800 | 5 | 5 | 6 | 5 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 11 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |
| 10 | 1000 | 5 | 5 | 6 | 6 | Terdeteksi |
| | | 10 | 10 | 11 | 10 | Terdeteksi |
| | | 15 | 15 | 16 | 15 | Terdeteksi |

Dari Tabel 5 diketahui bahwa hingga jarak 10 km antara sistem monitoring dengan aplikasi Blynk, aplikasi masih bisa mendeteksi tingkat sam.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari dari hasil penelitian dengan judul “Perancangan Sistem Monitoring Pada Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk” adalah sebagai berikut:

1. Telah dibuat suatu sistem monitoring alat pemilah sampah otomatis menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali, sensor ultrasonic HC-SR04 sebagai pengukur ketinggian sampah pada tempat sampah logam, organik, dan anorganik, dan aplikasi Blynk sebagai interface dari pengukuran tinggi sampah.
2. Ketinggian sampah yang terukur oleh sensor ultrasonik akan langsung diproses oleh NodeMCU ESP8266, sehingga data tersebut akan dikirim ke cloud dari aplikasi Blynk itu sendiri. Data tersebut akan langsung ditampilkan pada display pengukuran yang tersedia di aplikasi Blynk secara real-time. Sistem monitoring yang telah dirancang juga akan memberi informasi jika sampah sudah penuh melalui notifikasi di perangkat yang sudah terinstall aplikasi blynk.
3. Performa sistem monitoring yang telah dirancang, sangat dipengaruhi oleh hasil pengujian sensor ultrasonik. Keakuratan dari pengukuran yang ditampilkan pada display pengukuran aplikasi Blynk hanyalah menampilkan apa yang telah dikirim oleh NodeMCU 8266 yang menerima input dari sensor ultrasonik.

4.2 Saran

Dari hasil penelitian yang didapat, adapun saran untuk penelitian yang lebih lanjut:

1. Sistem monitoring yang diterapkan dapat mengukur berdasarkan volume tempat sampah bukan hanya dari ketinggian tempat sampah.
2. Sistem monitoring dapat digabung dengan sistem kendali dari alat pemilah sampah otomatis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian ini melalui skema hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. M. Aqilah, A. S. Elfahmi, R. Fariza, R. D. Oktalia, and B. T. Wahyudi, "Smart Trash Can: Innovation of Automatic Trash Can with Arduino Uno-Based as an Effort to Support Global Sustainable Development Goals (SDGs) Action," *Proc. Int. Conf. Sci. Eng. (ICSE-UIIN-SUKA 2021)*, vol. 211, pp. 203–209, 2022, doi: 10.2991/aer.k.211222.033.
- [2] A. Sutyaneegara, "Rancang Bangun Prototype Sistem Pemantauan Kebocoran Pipa Landfill Gas (LFG) Pada PLTSa Berbasis Mikrokontroler NODE MCU ESP8266 Dengan Metode Internet of Things (IoT)," Jakarta, 2019.
- [3] M. Johnson and C. E. Shyni, "Smart Garbage Bin With Efficient Routing and Management System," *Smart Garbage Bin With Effic. Routing Manag. Syst.*, vol. 14, no. 5, pp. 80–89, 2019.
- [4] R. M. Irsyad, L. H. D. Satryo, A. L. Febrianingrum, and F. Adriyanto, "Design of Monitoring and Separating Dustbin System using Internet of Things," *J. Electr. Electron. Information, Commun. Technol.*, vol. 2, no. 2, p. 30, 2020, doi: 10.20961/jeeict.2.2.45112.
- [5] R. A. Ma'arif, Fauziah, and N. Hayati, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT," *J. Infomedia*, vol. 4, no. 2, pp. 69–74, 2019.

- [6] S. Cahyati and Y. Ramdhani, “Aplikasi Android Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things,” *eProsiding Tek. Inform. ...*, vol. 2, no. 1, pp. 112–121, 2021.
- [7] E. W. Vetricha Wulandari, “Automated Trash Sorting Design Based Microcontroller Arduino Mega 2560 with LCD Display and Sound Notification,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 725, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012054.
- [8] T. M. Pranata, “Rancang Bangun Prototype Tempat Sampah Pintar Dengan SMS Gateway,” Jakarta, 2021.
- [9] D. Satriany, “Tong Sampah Pintar Pemilah Sampah Basah Berbasis ESP8266 Pada SMA Negeri 14 Kab. Tangerang,” Tangerang, 2018.
- [10] H. D. Septama, T. Yulianti, W. E. Sulistyono, A. Yudamson, R. Suhud, and T. Atmojo, “Smart Warehouse : Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembaban Gudang,” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 189–192, 2018.
- [11] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, and Anggy Pradifita Junfithrana, “Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk,” *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.59.