

Design and Construction of Waste Separation Equipment for Industrial Companies

[Rancang Bangun Alat Pemisah Sampah pada Perusahaan Industri]

Mochammad Fatkul Ihza¹⁾, Izza Anshory^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: izzaanshory@umsida.ac.id²

Abstract. *Population growth in Sidoarjo Regency accompanied by increasing industrial waste has a negative impact on environmental sustainability and provides challenges related to innovation regarding this problem. Waste separator equipment in industrial companies is one of the relevant innovations to make it easier to process the waste produced. This research aims to create a waste separation device based on Internet of Things (IoT) technology that can help people sort waste automatically. This system uses a combination of STM32F407 and ESP8266 microcontrollers with three main sensors: inductive proximity, capacitive proximity, and infrared. This tool is designed to help identify types of metal, non-metal, organic and inorganic waste by automatically moving the waste to the appropriate container with the help of a servo motor. Notifications in the form of trash bin capacity status are also sent via the Telegram application on smartphones. Test results show that this tool is successful in sorting waste with a high level of accuracy, although notification speed depends on the stability of the internet connection. This research provides innovative solutions to waste management challenges and is expected to encourage the application of the 3R principles (reuse, reduce, recycle) in society.*

Keywords: *IoT, waste sorting, sensors, automation, waste management*

Abstrak. *Pertumbuhan jumlah penduduk di kabupaten sidoarjo disertai limbah industri yang terus meningkat menimbulkan dampak negatif bagi kelestarian lingkungan serta memberikan tantangan terkait inovasi mengenai permasalahan tersebut. Alat pemisah sampah pada perusahaan industri menjadi salah satu inovasi yang relevan untuk mempermudah melakukan pengolahan limbah yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat pemisah sampah berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang dapat membantu masyarakat dalam memilah limbah secara otomatis. Sistem ini menggunakan kombinasi mikrokontroler STM32F407 dan ESP8266 dengan tiga sensor utama: proximity induktif, proximity kapasitif, dan inframerah. Alat ini dirancang untuk membantu mengidentifikasi jenis sampah logam, non logam, organik, dan anorganik secara otomatis memindahkan sampah ke wadah yang sesuai dengan bantuan motor servo. Notifikasi berupa status kapasitas tempat sampah juga dikirimkan melalui aplikasi telegram pada smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini berhasil memilah sampah dengan tingkat akurasi tinggi, meskipun kecepatan notifikasi bergantung pada stabilitas koneksi internet. Penelitian ini memberikan solusi inovatif terhadap tantangan pengelolaan sampah dan diharapkan dapat mendorong penerapan prinsip 3R (reuse, reduce, recycle) di masyarakat.*

Kata Kunci – *IoT, pemilahan sampah, sensor, otomatisasi, pengelolaan limbah*

I. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk yang besar dan tingkat pertumbuhan yang tinggi menjadi tantangan tersendiri bagi perusahaan-perusahaan industri di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu, masalah pencemaran lingkungan juga menjadi tantangan tersendiri bagi Kantor Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. Pencemaran lingkungan ini meliputi udara, air, dan tanah yang berasal dari berbagai sumber, seperti limbah industri, limbah rumah tangga, dan kurangnya kesadaran masyarakat terhadap kebersihan lingkungan. Akibatnya, berbagai penyakit dapat muncul dan berdampak buruk pada kesehatan masyarakat sekitar[1]. Menurut ketentuan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang dimaksud dengan "sampah" adalah bahan sisa hasil kegiatan manusia atau proses alam yang berwujud padat. Sampah ini merupakan hasil berbagai kegiatan yang dilakukan oleh individu atau kelompok dalam kehidupan sehari-hari, baik dari kegiatan rumah tangga, industri, maupun proses alam seperti daun-daun yang gugur atau bahan-bahan lain yang sudah tidak terpakai lagi[2].

Sampah ini dihasilkan oleh manusia melalui berbagai aktivitas yang dilakukan dalam kehidupan sehari-hari. Namun, peningkatan volume sampah yang terus bertambah tidak sebanding dengan peningkatan pemahaman masyarakat terkait bagaimana cara yang tepat dalam mengelola sampah, dalam memilah jenis sampah organik, anorganik, ataupun logam dengan akibat sampah tercampur dengan bau yang tidak sedap. Dengan kata lain, kesadaran dan pengetahuan masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik belum berkembang seiring dengan

pertumbuhan jumlah sampah yang dihasilkan. Hal ini mengakibatkan tantangan besar dalam menjaga kebersihan dan keberlanjutan lingkungan[3].

Pengelolaan sampah yang efektif merupakan unsur penting dalam pelaksanaan program 3R, yang mencakup prinsip-prinsip reuse, reduce, dan recycle. Diharapkan bahwa penerapan prinsip-prinsip yang ditetapkan dalam program ini akan menghasilkan pengurangan yang signifikan dalam volume sampah yang dihasilkan oleh masyarakat. Pengurangan sampah ini tidak hanya mencakup praktik pengelolaan sampah yang efisien tetapi juga mendorong perubahan perilaku, seperti penggunaan kembali barang, pengurangan konsumsi berlebihan, dan peningkatan kegiatan daur ulang. Diharapkan bahwa program ini akan menghasilkan hasil lingkungan yang positif secara optimal[4]. Terlihat bahwa masyarakat belum sepenuhnya mengadopsi penggunaan tempat sampah yang sesuai. Hal ini dibuktikan dengan proses pengangkutan sampah yang sering kali memperlihatkan tercampurnya sampah logam, organik, dan anorganik dalam satu lokasi. Misalnya, terlihat banyak sampah organik yang dibuang ke tempat sampah anorganik, begitu pula sebaliknya. Salah satu penyebab utama terjadinya hal ini adalah kurangnya kesadaran masyarakat terhadap cara membedakan sampah organik dan anorganik, sehingga mengakibatkan kesulitan dalam pemilahan sampah menurut jenisnya. Selain itu, kurangnya kesadaran mengenai pentingnya pemilahan sampah turut memperparah keadaan ini[5].

Untuk mengatasi masalah pengelolaan sampah saat ini secara efektif, sangat penting untuk menerapkan pendekatan komprehensif yang dimulai dari sumbernya. Sumber tersebut menunjukkan bahwa kegiatan pengelolaan sampah dilakukan secara sistematis, komprehensif, dan terpadu, yang mencakup pengurangan dan penyelesaian sampah. Pengelolaan sampah harus dilakukan secara sistematis dan terpadu, dari tahap awal hingga tahap akhir, untuk mencapai manfaat lingkungan yang positif dan memengaruhi sikap.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui peneliti terdahulu belum memanfaatkan penggunaan teknologi IoT, belum mampu untuk mendeteksi benda logam, tidak ada sensor dan indikator untuk memberikan informasi jika tempat sampah sudah memenuhi kapasitas maksimal[6].

Oleh karena itu, alat berbasis Internet of Things (IoT) ini telah dibangun dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontrolernya. Alat ini dilengkapi dengan tiga jenis sensor, yaitu sensor inframerah, sensor kapasitif, dan sensor jarak induktif, yang digunakan untuk membedakan berbagai kategori limbah. Setiap sensor dirancang untuk mengidentifikasi jenis limbah tertentu. Saat limbah didekatkan dengan alat, indikator LED akan menyala sesuai dengan klasifikasi limbah yang terdeteksi. Diharapkan alat ini akan membantu masyarakat dalam membuang limbah dengan cara yang tepat. Selain itu, alat ini dilengkapi dengan aplikasi berbasis web untuk memantau volume limbah. Aplikasi ini memfasilitasi pengiriman pemberitahuan kepada petugas kebersihan mengenai pengangkutan langsung barang-barang limbah[7].

II. METODE

2.1 Langkah Penelitian

Dalam melakukan penelitian yang maksimal di butuhkan Merancang sistem dengan tujuan mencapai hasil optimal memerlukan perencanaan yang matang. Oleh karena itu, untuk mencapai hasil terbaik dalam penelitian dan perancangan sistem, langkah-langkah kerja dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Langkah Penelitian

1. Observasi

Pengamatan dan analisa penelitian yang akan di lakukan secara langsung sehingga data yang di peroleh lebih maksimal dan jelas, dapat diperoleh melalui internet, lingkungan kampus, ataupun lingkungan kerja.

2. Kepustakaan

Melakukan studi kepustakaan untuk mencari referensi jurnal terdahulu atau sudah terbit yang berkaitan dengan penelitian yang akan di lakukan sehingga dapat memberikan pemahaman dan informasi jelas dalam mencari permasalahan yang akan di teliti..

3. Analisa

Menganalisis masalah dengan melakukan uji coba dan evaluasi langsung terhadap peralatan dan bahan penelitian guna mencapai hasil optimal.

4. Penyelesaian

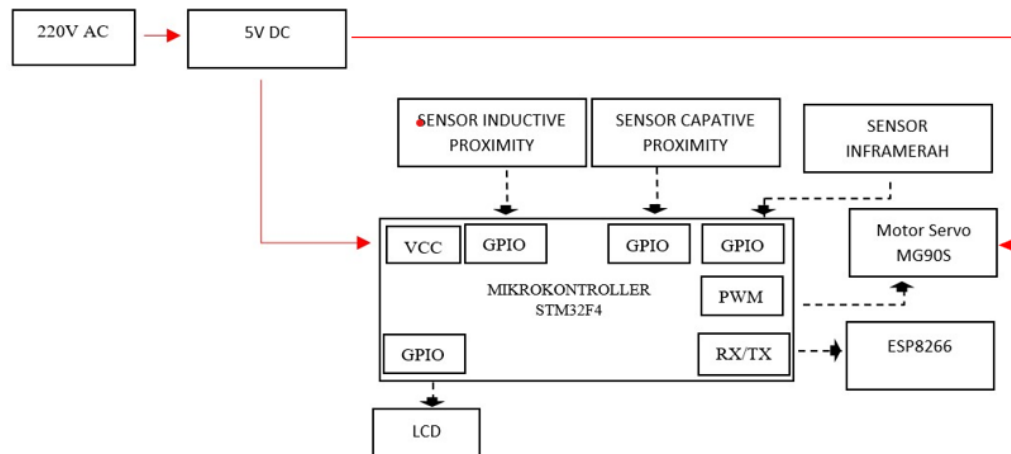
Dalam penyelesaian masalah digunakan metode dengan membuat asumsi yang ditinjau dari penelitian sebelumnya dan hasil analisa.

5. Kesimpulan

Pada proses ini pengujian dan pembuatan alat didapatkan kesimpulan berdasarkan dengan pengamatan dari data yang telah di dapatkan sehingga kedepan pembaca dapat menyempurnakan alat yang telah di buat.

2.2 Diagram Blok

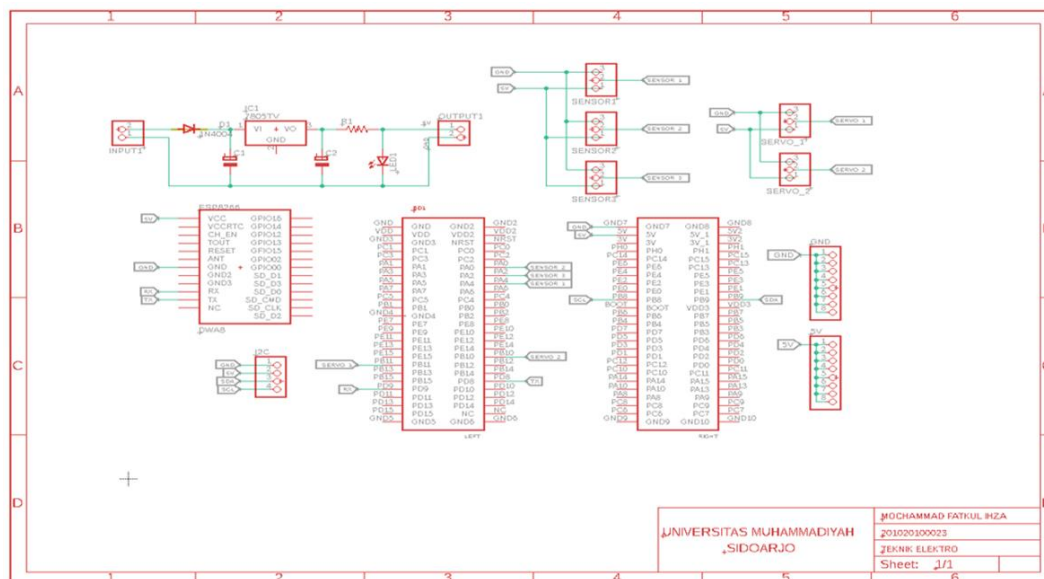
Untuk memudahkan desain alat dan perancangan alat, dibuatlah diagram blok dari seluruh sistem secara keseluruhan. Brikut merupakan diagram blok Rancang Bangun Alat Pemisah Sampah Pada Perusahaan Industri dijabarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok

Pada blok diagram di atas dapat diketahui bahwa alat ini menggunakan mikrokontroler berjenis STM32F4 sebagai pusat kendali yang disuplai dari sumber PLN yang diubah menjadi tegangan DC yang di stepdown 5V. Kemudian terdapat sensor proximity Induktif, sensor proximity kapasitif dan sensor infrared digunakan untuk mendeteksi jenis benda yang akan dideteksi sebagai GPIO input di mikrokontroler yang nantinya akan ditampilkan pada LCD. Motor servo digunakan sebagai penggerak wadah pemilahan benda. Sensor inframerah juga digunakan untuk mendeteksi kapasitas sampah. Node MCU ESP8266 sebagai koneksi pengiriman notifikasi kapasitas sampah melalui pesan telegram.

2.3 Perancangan Alat

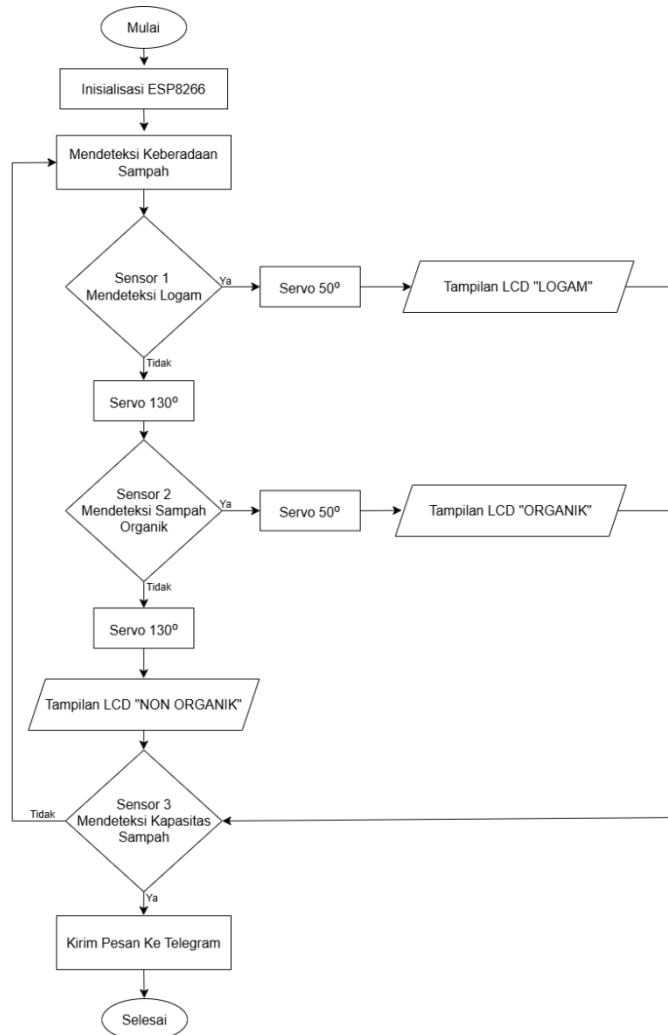


Gambar 3. Skema Rangkaian

Pada Gambar 3 merupakan perencanaan port mikrokontroler yang digunakan mulai dari penggunaan GPIO sensornya hingga untuk tampilan LCD. Seperti pada PA4 dan PA0 yang digunakan untuk sensor Proximity, PC8 dan PC9 untuk sensor Inframerah, PD8 dan PD9 digunakan sebagai RX/TX pada ESP8266, PB10 dan PB11 digunakan sebagai pin mengatur PWM motor servo, sedangkan PD0 sampai PD7 digunakan sebagai tampilan pada LCD secara berurutan.

2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Proses perancangan perangkat lunak sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi IoT menggunakan perangkat lunak arduino IDE untuk membuat *sketch* pemrograman. Pemrograman dilakukan untuk menghubungkan antara mikrokontrol dengan perangkat keras lainnya seperti sensor tegangan, sensor arus, dan display oled. Proses diagram alir dari sistem kerja perangkat lunak yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Flow Chart

Pada gambar flowchart di atas menunjukkan system dari alat ini bekerja secara otomatis tanpa ada pengontrolan secara manual. Ketika sistem diaktifkan (ON), komponen elektronik yang ada akan segera menerima instruksi untuk mulai beroperasi. Proses dimulai dengan memasukkan jenis sampah ke dalam pemilah pertama, yang memiliki fungsi mendeteksi material dasar dari sampah tersebut, apakah termasuk dalam kategori logam atau non-logam. Jika sampah terdeteksi logam maka pemilah 1 akan bergerak sebesar 50° dan menjatuhkan ke tempat sampah logam. Selanjutnya, jika terdeteksi non logam maka pemilah 1 akan bergerak sebesar 130° dan menjatuhkan sampah ke tempat pemilah 2.

Pada tempat pemilah 2 akan dideteksi bahan dasar sampah tersebut organik atau anorganik. Jika sampah terdeteksi Organik maka pemilah 2 akan bergerak sebesar 50° dan menjatuhkan ke tempat sampah Organik. Namun, jika sampah terdeteksi anorganik maka pemilah 2 akan bergerak sebesar 130° dan menjatuhkan ke tempat sampah Non Organik.

Jika tempat sampah telah penuh, maka system yang terhubung dengan wifi akan mengirimkan pesan kepada pengguna atau operator melalui pesan telegram.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Perangkat Keras

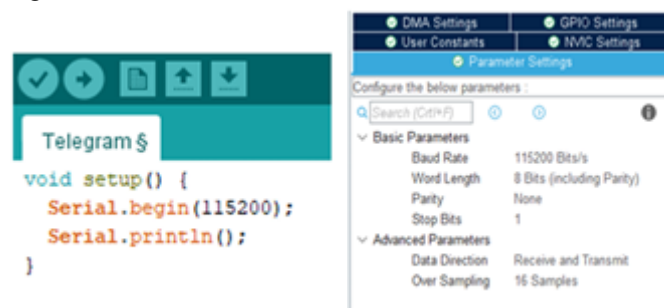
Seluruh komponen perangkat keras dirancang dalam sistem alat pemisah sampah pada industri terintegrasi ESP8266 sebagai perangkat komunikasi IoT berbasis aplikasi telegram pada smartphone. Sistem perangkat keras terdiri dari mikrokontroler STM32F407, ESP8266, sensor inframerah, sensor proximity induktif, dan sensor proximity kapasitif yang berfungsi untuk mendeteksi jenis sampah serta LCD 20x4 sebagai tampilan layer pada perangkat keras. Hasil dari perancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 5..



Gambar 5. Perangkat keras

B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem menggunakan aplikasi telegram pada smartphone yang terhubung dengan sistem perangkat keras melalui perantara jaringan internet. Untuk menghasilkan parameter yang sesuai, dilakukan pembuatan kode program menggunakan aplikasi Arduino IDE. Dalam komunikasi ESP8266 dan STM32F407 menggunakan komunikasi serial USART Rx-Tx mikrokontroler dengan menselaraskan pengaturan baud rate pada STM32CubeMX dan Arduino IDE. Pengaturan parameter untuk menselaraskan STM32CubeMX dan Arduino IDE dapat dilihat pada gambar6.



Gambar 6. Kode Program Arduino

C. Hasil Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang telah dirancang berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian perangkat keras meliputi pengujian beberapa komponen seperti motor servo, sensor inframerah, sensor proximity induktif, sensor proximity kapasitif, dan LCD 20x4. Pengujian dilakukan dengan melakukan percobaan pembacaan sensor dengan beberapa jenis sampah untuk memastikan sistem kerja berjalan dengan baik. Hasil pengujian sensor proximity induktif, inframerah dan motor servo ditunjukkan pada tabel 1 sedangkan hasil pengujian sensor proximity kapasitif, inframerah dan motor servo ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor proximity induktif, sensor inframerah dan motor servo

Jenis Benda	Induktif Proximity	Inframerah	Kondisi Servo	Keterangan
Botol Kaleng	1	1	50°	Logam
Kertas	0	1	130°	Non Logam
Botol Plastik	0	1	130°	Non Logam
Potongan Plat Besi	1	1	50°	Logam
Paku	1	1	50°	Logam

Tabel 2. Hasil pengujian sensor proximity kapasitif, sensor inframerah dan motor servo

Jenis Benda	Kapasitif Proximity	Inframerah	Kondisi Servo	Keterangan
Potongan Keramik	1	1	130°	Anorganik
Kardus	0	1	50°	Organik
Botol Plastik	1	1	130°	Anorganik
Tisu	0	1	50°	Organik
Kertas	0	1	50°	Organik

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui pengujian diatas menunjukkan bahwa semua sensor mampu melakukan pembacaan dengan baik serta mampu membedakan antara sampah logam dan non logam maupun sampah organik dan anorganik.

D. Hasil Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk memastikan keandalan dan mengevaluasi kinerja sistem yang telah dirancang. Perangkat lunak berupa aplikasi telegram yang terhubung dengan perangkat keras melalui jaringan internet akan memberikan notifikasi jika salah satu tempat sampah sudah mencapai kapasitas yang ditentukan. Hasil dari pengujian perangkat lunak ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Telegram

IV. SIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian jenis benda logam dan non logam dilakukan menggunakan dua sensor yaitu proximity induktif dan inframerah.
2. Pengujian jenis benda organik dan anorganik dilakukan menggunakan dua sensor yaitu proximity kapasitif dan inframerah.
3. Pengiriman pesan notifikasi pada telegram terdapat delay waktu pengiriman tergantung kondisi jaringan internet.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diambil dari penelitian ini untuk dapat dikembangkan pada penelitian berikutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik, antara lain:

1. Koneksi jaringan internet harus dipastikan stabil agar sistem mampu mengirim data secara realtime.
2. Penambahan sensor untuk meningkatkan keakuratan pemilihan jenis sampah.
3. Pemberian indikator pada perangkat keras untuk memberikan notifikasi saat wadah sampah terisi penuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungannya yang telah membantu dan mengijinkan penulis untuk menyelesaikan alat penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. F. Agustya and A. Fahrudi, "Rancang Bangun Alat Otomatis Pemilah Sampah Logam, Organik Dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity Induksi Dan Sensor Proximity Kapasitif," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, pp. 475–480.
- [2] P. R. Indonesia, "Undang-undang republik indonesia nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah," in *Sekr*, Negara, Jakarta.
- [3] M. S. Hasibuan, S. Azzahra, and A. Amelia, "Rancang Bangun Sistem Pemilah dan Pemantau Sampah Logam dan Non Logam Via SMS," *J. Ilm. Elektron. Circuit*, vol. 1, no. 1, pp. 25–35,.
- [4] T. J. Ichsan, M. K., S. T. Tedi Gunawan, R. H. M., and S.S.T., "Prototipe Pemilah Sampah Organik Dan Nonorganik," *e-Proceeding Appl. Sci*, vol. 5, no. 3, Desember, p. 2426, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/299935198.pdf>
- [5] U. Akhiruddin, M. Imnadir, and J. Nurjannah, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Menggunakan Sensor Proximity Induktif dan Infrared Berbasis Arduino UNO R3," *J. Electr.*

- Technol*, vol. 8, no. 3, pp. 83–90,.
- [6] F. N. H. Ady, *Rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik*. UNES Teknol.
 - [7] M. Akbar, S. D. Anjasmara, and K. D. K. Wardhani, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Sensor Proximity dan NodeMCU ESP8266," *J. Komput. Ter.*, vol. 7, no. 2, pp. 290–299, doi: 10.35143/jkt.v7i2.5178.
 - [8] Y. A. Bahtiar, D. Ariyanto, M. Taufik and T. Handayani, "Pemilah Organik dengan Sensor Inframerah Terintegrasi Sensor Induktif dan Kapasitif," *EECCIS*, vol. 13, pp. 109-113, 2019.
 - [9] I. N. Sulistiorini, "DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN," DAERAH.ISTIMEWA.YOGYAKARTA,[Online].Available:<https://www.dlhk.jogjapro.go.id/pengelolaan-sampah-rumah-tangga>. [Accessed 27 Januari 2022].
 - [10] I. Salimi, B. S. B. Dewantara and I. K. Wibowo, "Visual-based trash detection and classification system for smart trash bin robot," *IES-KCIC*, pp. 378-383, 2019.
 - [11] I. Ferdiansyah, *PROBLEM BASED LEARNING BERBASIS VIRTUAL ACTIVITY*, Surabaya, 2020.
 - [12] S. D. Ayuni, A. H. Yuwono, A. Mulyadi, S. Syahririni, and A. H. Falah, "Automated steam engine technology for eco-printing batik: Empowering community economies," *Community Empower.*, vol. 9, no. 5, pp. 797–803, 2024, doi: 10.31603/ce.10462.
 - [13] S. D. Ayuni, S. Syahririni, and J. Jamaaluddin, "Lapindo Embankment Security Monitoring System Based on IoT," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 40–48, 2021, doi: 10.21831/elinvo.v6i1.40429.
 - [14] S. Dhiya Ayuni and S. Syahririni, "Strategi Mitigasi Bencana Tanggul Lapindo Di Desa Gempolsari Disaster Mitigation Strategy of Lapindo Empire in Gempolsari Village," *J. Teknol. dan Terap. Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 8–11, 2021.
 - [15] S. D. Ayuni, S. Syahririnni, and J. Jamaaluddin, "Sosialisasi Aplikasi Monitoring Keamanan Tanggul Lapindo via Smartphone di Desa Gempolsari," *J. Pengabd. Masy. Progresif Humanis Brainstorming*, vol. 5, no. 1, pp. 154–161, 2022, doi: 10.30591/japhb.v5i1.2717.
 - [16] I. Anshory *et al.*, "Optimization DC-DC boost converter of BLDC motor drive by solar panel using PID and firefly algorithm," *Results Eng.*, vol. 21, no. December 2023, p. 101727, 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101727.
 - [17] I. Anshory, A. Wisaksono, J. Jamaaluddin, and A. Fudholi, "Implementation of ARM STM32F4 microcontroller for speed control of BLDC motor based on bat algorithm," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 15, no. 1, pp. 127–135, 2024, doi: 10.11591/ijpeds.v15.i1.pp127-135.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.