

Klik disini untuk menuliskan kategori naskah

Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IOT untuk Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time

Wahyu Ahlansyah¹, Indah Purnama Sari^{2*}

^{1,2} Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 00 Januari 00
Revisi Akhir: 00 Februari 00
Diterbitkan Online: 00 Maret 00

KATA KUNCI

Sampah organik, sampah anorganik, IoT, sensor inframerah, pemilahan otomatis, edukasi lingkungan

KORESPONDENSI

Phone: +628227687886
E-mail: indahpurnama@umsu.ac.id

A B S T R A K

Permasalahan sampah, khususnya di lingkungan sekolah dasar, masih menjadi tantangan akibat kurangnya pengetahuan dan sarana pemilahan yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pemilah sampah pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat membedakan sampah organik dan anorganik secara otomatis menggunakan sensor inframerah. Sistem ini mengintegrasikan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor inframerah untuk deteksi jenis sampah, serta motor servo untuk penggerak mekanik pemilah. Selain itu, sistem dilengkapi dengan aplikasi Android yang memberikan notifikasi secara real-time mengenai jenis sampah yang terdeteksi dan status kapasitas tempat sampah. Uji coba dilakukan di SD Negeri 104279 Paya Itik sebagai lingkungan edukatif yang dinilai strategis untuk penerapan alat ini. Hasil implementasi menunjukkan bahwa alat mampu meningkatkan efisiensi pemilahan sampah dan memberikan edukasi praktis bagi siswa. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menawarkan solusi teknis dalam pengelolaan sampah, tetapi juga mendorong perubahan perilaku dan kesadaran lingkungan sejak dini.

PENDAHULUAN

Sampah dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama, yaitu sampah organik dan anorganik. Sampah organik berasal dari sisa makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan yang dapat terurai secara alami dengan bantuan mikroorganisme. Contohnya meliputi sisa makanan, dedaunan, dan limbah dapur. Sementara itu, sampah anorganik terdiri dari material yang sulit terurai secara alami, seperti plastik, kaca, dan logam, sehingga memerlukan pengolahan khusus agar tidak mencemari lingkungan (Nindya Ovitarsi et al. 2022).

Jika tidak dikelola dengan baik, akumulasi sampah anorganik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak negatif bagi ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan metode pengelolaan sampah yang efektif guna mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan serta meningkatkan kesadaran dalam memilah dan mendaur ulang sampah secara bijak.

Sebagai bagian dari validasi sistem, penelitian ini dilakukan di lingkungan SD Negeri 104279 Paya Itik., yang menjadi lokasi uji coba alat. Sekolah dipilih karena merupakan tempat yang memiliki aktivitas harian dengan produksi sampah yang cukup beragam, namun sering kali belum memiliki sistem pemilahan yang efektif. Selain itu, penerapan alat di sekolah juga diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam meningkatkan kesadaran lingkungan sejak dini.

Sebagai salah satu solusi inovatif, alat pemilah sampah otomatis dapat dikembangkan dengan memanfaatkan sensor inframerah yang dapat mendeteksi perbedaan sifat material berdasarkan cara bahan tersebut menyerap atau memantulkan

sinar inframerah. Sampah organik, seperti sisa makanan, memiliki karakteristik penyerapan inframerah yang berbeda dibandingkan dengan sampah anorganik, seperti plastik atau logam. Begitu material terdeteksi, alat ini dapat secara otomatis memisahkan sampah ke dalam wadah yang sesuai. Dengan adanya alat ini, siswa sekolah dasar dapat lebih mudah dalam mengelola sampah tanpa harus melakukan pemisahan secara manual. Selain itu, teknologi ini tidak hanya mendukung pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan dan efisien, tetapi juga berperan sebagai alat edukasi yang penting untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman siswa mengenai pentingnya pengelolaan sampah yang baik. Bagi siswa, alat ini dapat menanamkan kebiasaan membuang sampah dengan benar, meningkatkan tanggung jawab lingkungan, dan mempermudah pemilahan sampah.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sensor inframerah dalam sistem pemilahan sampah otomatis dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. (Guesdy Cadrino 2021) mengembangkan prototipe alat pemilah sampah yang mengintegrasikan sensor inframerah, sensor logam, dan sensor cahaya untuk mengidentifikasi serta mengelompokkan sampah sesuai dengan jenisnya. Hasil penelitian mereka mengungkapkan bahwa metode ini mampu meningkatkan efektivitas pemilahan sampah, meskipun masih terdapat beberapa kendala seperti kesalahan dalam pendeteksian dan potensi sampah tersangkut selama proses pemilahan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa banyak siswa sekolah dasar kesulitan dalam memahami pemisahan sampah organik dan anorganik akibat kurangnya pengetahuan dan fasilitas yang memadai. Hal ini menyebabkan sampah tidak terkelola dengan baik, yang berdampak pada masalah lingkungan. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian yang berjudul 'Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT untuk Pemilahan Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Infrared dan Pemantauan Real-Time.

Alat ini dirancang dan dibangun dengan mengintegrasikan sensor inframerah, mikrokontroler, dan sistem komunikasi berbasis Internet of Things (IoT) yang memungkinkan proses identifikasi dan pemilahan sampah dilakukan secara otomatis. Mekanisme kerja sensor inframerah memanfaatkan perbedaan karakteristik pantulan cahaya dari masing-masing jenis sampah untuk menentukan apakah sampah termasuk organik atau anorganik. Selanjutnya, sistem ini terhubung dengan aplikasi Android yang dikembangkan secara mandiri, yang akan memberikan notifikasi secara real-time kepada pengguna terkait jenis sampah yang terdeteksi dan status kapasitas tempat sampah. Dengan pendekatan ini, alat tidak hanya bekerja secara mandiri dalam proses pemilahan, tetapi juga memberikan solusi pemantauan yang efisien dan responsif melalui platform aplikasi yang terintegrasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data secara otomatis. Dalam sistem pengelolaan sampah, IoT berperan dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan pemrosesan limbah dengan mengintegrasikan sensor dan modul komunikasi. Teknologi ini memungkinkan tempat sampah pintar untuk mengidentifikasi jenis sampah, mengaktifkan sistem pemilah secara otomatis, serta mengirimkan data ke pusat pemantauan guna mengoptimalkan proses pengelolaan limbah (M. Ismail, Abdullah, and Abdussamad 2021).

Pemanfaatan IoT dalam tempat sampah pintar membantu pengelola dalam menentukan waktu pengangkutan berdasarkan data real-time, sehingga sistem pengumpulan sampah menjadi lebih efektif dan terorganisir. Selain itu, implementasi teknologi ini juga mendukung konsep Smart City, di mana sistem pengelolaan limbah menjadi lebih modern dan adaptif terhadap kondisi lingkungan (Kurniawan and Rahmawati 2024).

NodeMCU

NodeMCU merupakan modul mikrokontroler berbasis ESP8266 yang memiliki fitur Wi-Fi bawaan, sehingga banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Modul ini mampu mengolah data sekaligus berkomunikasi melalui jaringan internet tanpa memerlukan tambahan perangkat eksternal. Dengan fitur Wi-Fi terintegrasi, NodeMCU dapat berfungsi sebagai akses poin maupun klien yang terhubung ke server, memungkinkan pengiriman dan penerimaan data secara real-time.

Kemampuannya dalam menghubungkan perangkat ke internet menjadikannya pilihan ideal untuk sistem otomatisasi dan pemantauan jarak jauh. Selain itu, NodeMCU mendukung berbagai sensor dan aktuator, sehingga fleksibel untuk digunakan dalam berbagai proyek IoT, seperti sistem tempat sampah pintar yang dapat mendeteksi kepenuhan dan mengirimkan notifikasi ke pengelola secara otomatis. Dukungan terhadap bahasa pemrograman berbasis Arduino IDE juga membuatnya lebih mudah digunakan oleh pengembang pemula maupun profesional (Indra Satmata, Afroni, and Sugiono 2022).

Motor Servo

Motor servo adalah aktuator yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan dengan tingkat presisi tinggi. Komponen ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti sistem otomatisasi, robotika, dan perangkat berbasis Internet of Things (IoT). Salah satu keunggulan motor servo adalah kemampuannya untuk menggerakkan poros ke sudut tertentu sesuai dengan instruksi yang diberikan, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan kontrol posisi yang akurat.

Motor servo bekerja dengan menerima sinyal PWM (Pulse Width Modulation), di mana lebar pulsa yang dikirimkan menentukan sudut putaran motor. Sinyal ini diproses oleh rangkaian kontrol di dalam motor, yang kemudian menyesuaikan posisi poros sesuai dengan durasi pulsa yang diterima. Dengan mekanisme ini, motor servo mampu mempertahankan posisi yang diinginkan serta menyesuaikan kembali jika terjadi perubahan akibat faktor eksternal.

Motor servo tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran, tergantung pada kebutuhan penggunaannya. Dalam sistem otomatisasi dan IoT, motor ini sering digunakan untuk mengontrol pergerakan komponen mekanik seperti katup, pintu otomatis, atau sistem pemilah sampah pada tempat sampah pintar. Sementara itu, dalam bidang robotika, motor servo berperan dalam menggerakkan lengan robot dan mekanisme yang membutuhkan ketepatan tinggi.

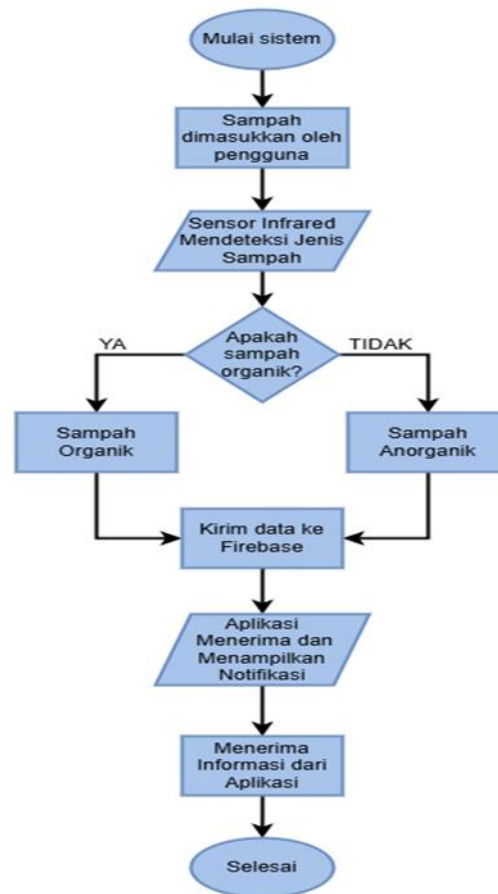
Keunggulan lain dari motor servo adalah efisiensi energinya yang cukup baik dibandingkan dengan jenis motor lain serta kemampuannya untuk bekerja secara stabil dalam berbagai kondisi. Dengan kemudahan dalam pengendalian dan fleksibilitas penggunaannya, motor servo menjadi pilihan utama dalam berbagai inovasi teknologi yang membutuhkan sistem kendali gerak yang presisi dan responsif (Kurniawan and Rahmawati 2024).

METODOLOGI

Alur Kerja Sistem

Langkah-langkah kerja sistem sebagai berikut:

1. Sampah dimasukkan ke dalam tempat sampah pintar. Pengguna (misalnya siswa) membuang sampah ke dalam alat.
2. Sensor infrared mendeteksi jenis sampah. Sensor membaca karakteristik material sampah untuk menentukan apakah itu organik atau anorganik.
3. Sistem memproses data dan mengaktifkan motor servo. Berdasarkan hasil deteksi, sistem menggerakkan motor servo untuk mengarahkan sampah ke wadah yang sesuai organik atau anorganik.
4. Data status dikirim ke Firebase. Sistem mengirimkan data jenis sampah dan kapasitas tempat sampah ke Firebase Realtime Database.
5. Aplikasi Android menerima dan menampilkan notifikasi. Aplikasi Android yang terhubung ke Firebase akan menerima update secara real-time dan menampilkan notifikasi kepada pengguna mengenai: Jenis sampah yang masuk. Status kapasitas tempat sampah.
6. Petugas mendapat informasi dari aplikasi dan melakukan pengosongan tempat sampah. Berdasarkan notifikasi di aplikasi, petugas dapat mengambil tindakan lebih cepat untuk mengosongkan tempat sampah dan menjaga kebersihan lingkungan.



Gambar 1. Alur Kerja Sistem

Analisis Hasil dan Penyempurnaan Sistem

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap hasil pengujian dan menilai kinerja sistem yang telah dikembangkan. Apabila terdapat kelemahan atau masalah pada sistem, langkah-langkah perbaikan akan diambil untuk meningkatkan kinerjanya agar lebih efektif dan efisien. Berdasarkan evaluasi tersebut, laporan penelitian akan disusun untuk menyajikan temuan-temuan yang diperoleh selama penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan sistem ke depannya. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem tempat sampah pintar berbasis IoT yang mampu memberikan solusi praktis dalam pengelolaan sampah secara otomatis dan efisien.

Implementasi dan Pengujian Sistem

Pada tahap implementasi, semua komponen yang telah dirancang disatukan untuk membentuk sistem yang utuh. Sistem kemudian diuji untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Pengujian dilakukan untuk menilai kinerja sistem, seperti deteksi tingkat kepenuhan sampah, pemilahan jenis sampah secara otomatis, serta pengiriman data ke platform cloud untuk pemantauan jarak jauh. Hasil dari pengujian ini akan dianalisis lebih lanjut untuk melihat apakah sistem memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan atau jika ada bagian yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan. Berikut adalah flowchart yang menggambarkan perancangan sistem tempat sampah otomatis, yang mencakup tahapan implementasi dan pengujian untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil implementasi dan pengujian dari sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT yang telah dirancang. Sistem ini dibangun dengan menggunakan beberapa komponen utama, yaitu ESP32 sebagai mikrokontroler, dua sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian sampah, sensor logam untuk mengenali sampah berbahan logam, sensor hujan untuk mendeteksi Sampah Organik, serta sensor inframerah (IR) untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah. Selain itu, dua servo motor digunakan untuk membuka dan menutup penutup tempat sampah secara otomatis, dan data dari sistem dikirim ke Firebase Realtime Database, yang terintegrasi dengan aplikasi Android buatan sendiri sebagai antarmuka pengguna.

Hasil Implementasi

Hasil implementasi perangkat ini menampilkan bentuk alat secara keseluruhan dari berbagai sudut.



Gambar 2. Tampilan Depan Alat

Gambar 2 diatas adalah gambar tempat sampah tampak depan, Sensor ultrasonik HC-SR04 dan servo terdapat di dalam tutup tempat sampah.



Gambar 3. Tampilan Sensor Ultrasonik dan Servo

Gambar 3 di atas merupakan tampilan sensor ultrasonik dan servo yg terdapat pada ke 2 tempat sampah yaitu organik dan anorganik yang di letakkan di bawah tutup tempat sampah.



Gambar 4. Tampilan ESP32 Pada Bagian Belakang

Gambar 4. diatas merupakan tampilan ESP32 dan soket untuk adaptor sebagai sumber daya buat berjalannya tempat sampah otomatis.

Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian sampah di dalam tempat sampah. Sensor ini diletakkan pada bagian bawah tutup tempat sampah, baik untuk tempat sampah organik maupun anorganik.

Pengujian dilakukan dengan menambahkan sampah secara bertahap ke dalam tempat sampah. Ketika jarak antara sensor dan permukaan sampah mencapai ambang batas yang ditentukan (sekitar 5 cm), sistem akan memperbarui status di Firebase menjadi "penuh". Status ini kemudian ditampilkan secara real-time di aplikasi Android dan notifikasi otomatis akan muncul pada layar pengguna.



Gambar 5. Sensor Ultrasonik



Gambar 6. Tampilan Realtime Database Pada Firebase



Gambar 7. Tampilan Notifikasi Aplikasi Android

Pengujian Aplikasi Android

Aplikasi Android yang telah dikembangkan berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk memantau status tempat sampah secara real-time. Aplikasi ini terhubung langsung dengan Firebase Realtime Database, sehingga setiap perubahan status yang dikirim oleh ESP32 ke Firebase akan segera ditampilkan pada aplikasi.

Ketika status tempat sampah berubah, misalnya dari "kosong" menjadi "penuh", aplikasi akan secara otomatis memperbarui tampilan informasi di halaman utama. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi lokal kepada pengguna sebagai peringatan bahwa tempat sampah perlu segera dikosongkan.



Gambar 8. Tampilan Notifikasi Aplikasi Android

Setelah dilakukan pengujian terhadap seluruh komponen sistem Tempat Sampah Pintar berbasis IoT, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa sebagian besar fitur bekerja sesuai dengan fungsinya. Tabel berikut merangkum hasil pengujian dari masing-masing komponen, termasuk perbandingan antara hasil yang diharapkan dengan hasil aktual di lapangan:

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Tempat Sampah Pintar

No	Komponen/System	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Sensor Ultrasonik	Mengukur ketinggian sampah dengan akurat	Menampilkan status dan notifikasi real-time	Berhasil
2	Sensor IR	Mendeteksi plastik dalam sampah	Mendeteksi dengan cepat dan akurat	Berhasil
3	Sensor Logam	Mendeteksi logam dalam sampah	Terdeteksi meski ukuran kecil	Berhasil

4	Sensor Hujan	Mendeteksi sampah organik basah	Bekerja baik, kadang tidak konsisten	Cukup Berhasil
5	Servo Motor	Membuka dan menutup otomatis	Berfungsi normal, sesuai logika pemrograman	Berhasil
6	Firebase Realtime DB	Menerima dan menyimpan data dari ESP32	Data terkirim dan tersimpan dengan baik	Berhasil
7	Aplikasi Android	Menampilkan status dan notifikasi real-time	Status tampil sesuai data Firebase, notifikasi muncul	Berhasil

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT berfungsi sesuai dengan perancangan awal, di mana setiap komponen mampu menjalankan tugasnya dengan baik dan saling terintegrasi secara optimal. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi tinggi sampah secara real-time dengan akurasi yang cukup baik, sementara sensor IR dapat membaca keberadaan objek secara responsif. Sensor logam dan sensor hujan juga berperan dalam klasifikasi jenis sampah, meskipun diperlukan penyetelan sensitivitas untuk meningkatkan keakuratannya. Servo motor bekerja optimal dalam membuka dan menutup penutup tempat sampah sesuai perintah dari mikrokontroler dengan waktu delay yang telah disesuaikan. Data status sampah berhasil dikirimkan secara otomatis ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan secara real-time pada aplikasi Android. Aplikasi ini juga menampilkan informasi secara user-friendly dan memberikan notifikasi lokal ketika tempat sampah penuh. Secara keseluruhan, sistem berjalan secara otomatis tanpa perlu intervensi manual, membuktikan bahwa seluruh integrasi antara sensor, mikrokontroler, Firebase, dan aplikasi telah berjalan secara efektif dan efisien.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan implementasi dan pengujian, sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT berhasil berjalan sesuai rencana. Sistem mampu memantau dan mengklasifikasi sampah secara otomatis menggunakan kombinasi sensor, serta mengirimkan data ke Firebase Realtime Database melalui ESP32. Aplikasi Android menampilkan status secara real-time dan memberikan notifikasi saat tempat sampah penuh. Servo motor juga berfungsi responsif dalam membuka dan menutup penutup. Secara keseluruhan, sistem menunjukkan performa yang baik dan integrasi komponen yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- [1] Indah Purnama Sari. Algoritma dan Pemrograman. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- [2] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- [3] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.
- [4] Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. Komputer dan Masyarakat. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- [5] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. Pengantar Bahasa Pemrograman Python. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- [6] Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. Perkembangan Teknologi Informatika. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158
- [7] Muharman Lubis Ilham Firman Ashari, Debby Erce Sondakh, Rahmawati Rolly Junius Lontaan, Mustarum Musaruddin Indah Purnama Sari, Muh. Nadzirin Anshari Nur, Hanalde Andre Muh. Rais, Janner Simarmata. Internet of Things (IoT) Dan Multimedia: Integrasi Dan Aplikasi. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.182

Jurnal

- [8] Guesdy Cadrino, 2Yo Ceng Giap. 2021. "RANCANG TEMPAT SAMPAH PINTAR PEMILAH LOGAM DAN NON LOGAM DENGAN METODE METAL PROXIMTIY DAN ARDUINO R3 UNO 1." *JURNAL ALGOR II(2)*: 11–22.
- [9] Indra Satmata, Subahtiyar, M.Jasa Afroni, and Sugiono Sugiono. 2022. "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Pemilah Logam, Non Logam Dan Organik Otomatis Berbasis IOT (Internet Of Things)." *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer* 4(2): 69–73. doi:10.33650/jeecom.v4i2.4316.
- [10] Ismail, Ismail, Andi Zulkifli Nusri, and Syariful Rahman. 2023. "Sistem Smart Trash Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Berbasis Internet of Things." *Jurnal SAINTEKOM* 13(2): 193–201. doi:10.33020/saintekom.v13i2.487.
- [11] Ismail, Mualief, Riska K. Abdullah, and Syahrir Abdussamad. 2021. "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* 3(1): 7–12. doi:10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [12] Sari, I.P., Basri, M., Ramadhani, F., & Manurung, A.A. (2023). Penerapan Palang Pintu Otomatis Jarak Jauh Berbasis RFID di Perumahan. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (1), 16-25
- [13] Kurniawan, Ade Agung, and Suci Rahmawati. 2024. "Jurnal KomtekInfo Smart Tong Sampah Pendeteksi Otomatis Sampah Organik &." 11(3): 163–72. doi:10.35134/komtekinfo.v11i3.564.163.
- [14] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Apdilah, D., Manurung, A.A., & Basri, M. (2023). Perancangan Sistem Pengaturan Suhu Ruangan Otomatis Berbasis Hardware Mikrokontroler Berbasis AVR. *sudo Jurnal Teknik Informatika* 2 (3), 131-142
- [15] Wardani., S, & Dewantoro., RW. (2024). Internet of Things: Home Security System based on Raspberry Pi and Telegram Messenger. *Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science* 1 (1), 7-13
- [16] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Hariani, P.P., Perdana, A., & Manurung, A.A. (2023). Implementation And Design of Security System On Motorcycle Vehicles Using Raspberry Pi3-Based GPS Tracker And Facedetection. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika* 8 (3), 2003-2007
- [17] Nindya Ovitarsari, Ketut Sherly, Dea Cantrika, Yolandari Ayu Murti, Erwin Satria Widana, and I Gede Agus Kurniawan. 2022. "Edukasi Pengolahan Sampah Organik Dan Anorganik Di Desa Rejasa Tabanan." *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 4(2): 352. doi:10.20527/btjpm.v4i2.4986.
- [18] Guesdy Cadrino, 2Yo Ceng Giap. 2021. "RANCANG TEMPAT SAMPAH PINTAR PEMILAH LOGAM DAN NON LOGAM DENGAN METODE METAL PROXIMTIY DAN ARDUINO R3 UNO 1." *JURNAL ALGOR II(2)*: 11–22.
- [19] Indra Satmata, Subahtiyar, M.Jasa Afroni, and Sugiono Sugiono. 2022. "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Pemilah Logam, Non Logam Dan Organik Otomatis Berbasis IOT (Internet Of Things)." *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer* 4(2): 69–73. doi:10.33650/jeecom.v4i2.4316.
- [20] Ismail, Ismail, Andi Zulkifli Nusri, and Syariful Rahman. 2023. "Sistem Smart Trash Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Berbasis Internet of Things." *Jurnal SAINTEKOM* 13(2): 193–201. doi:10.33020/saintekom.v13i2.487.
- [21] Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2020). Aplikasi Berbasis Teknologi Raspberry Pi Dalam Manajemen Kehadiran Siswa Berbasis Pengenalan Wajah. *JMP-DMT* 1 (4), 6
- [22] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Basri, M. (2022). Implementasi Internet of Things Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. *Blend Sains Jurnal Teknik* 1 (2), 157-163
- [23] Matondang, M.H.A., Asadel, A., Fauzan, D., & Setiawan, A.R. (2024). Smart Helmet for Motorcycle Safety Internet of Things Based. *Tsabit Journal of Computer Science* 1 (1), 35-39
- [24] Sari, I.P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (4), 337-343
- [25] Husaini, A., & Sari, I.P. (2023). Konfigurasi dan Implementasi RB750Gr3 sebagai RT-RW Net pada Dusun V Suka Damai Desa Sei Meran. *sudo Jurnal Teknik Informatika* 2 (4), 151-158
- [26] Ismail, Mualief, Riska K. Abdullah, and Syahrir Abdussamad. 2021. "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* 3(1): 7–12. doi:10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [27] Kurniawan, Ade Agung, and Suci Rahmawati. 2024. "Jurnal KomtekInfo Smart Tong Sampah Pendeteksi Otomatis Sampah Organik &." 11(3): 163–72. doi:10.35134/komtekinfo.v11i3.564.163.
- [28] Nindya Ovitarsari, Ketut Sherly, Dea Cantrika, Yolandari Ayu Murti, Erwin Satria Widana, and I Gede Agus Kurniawan. 2022. "Edukasi Pengolahan Sampah Organik Dan Anorganik Di Desa Rejasa Tabanan." *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 4(2): 352. doi:10.20527/btjpm.v4i2.4986.
- [29] REVINA YUNANDA, "Kajian Pengelolaan Sampah Di Sdn Rejowinangun 3 Yogyakarta," 2020, [Online]. Available: <http://poltekkesjogja.ac.id>

- [30] E. C. Nugroho, A. R. Pamungkas, and I. P. Purbaningtyas, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560," *Go Infotech J. Ilm. STMIK AUB*, vol. 24, no. 2, p. 124, 2018, doi: 10.36309/goi.v24i2.96.
- [31] M. Yunus, "Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino," *Proceeding STIMA*, vol. 1, no. 1, pp. 340–343, 2018.[5].
- [32] B. A. B. Iii and P. Sistem, ", " Blok Diagram, "pp. 29-44. [10] A. E. Widodo, "Otomatisasi Pemilah Sampah Berbasis Arduino Uno, "vol 6,no.1,pp. 12-18, 2020
- [33] Widodo, Y.B., Sutabri, T. and Faturahman, L., 2019. Tempat sampah pintar dengan notifikasi berbasis iot. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 5(2), pp.50-57.
- [34] Santoso, B., Dewi, R., & Setiawan, A. (2023, Juni). Sistem Cerdas Pemilah Sampah Logam Non-Logam dan Penghitung Volume Sampah. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi* p- ISSN: 2088-3714, e-ISSN: 2460-7681, 15, 100-115
- [35] Christopher S. Goldenstein, et. al. "Infrared laser-absorption sensing for combustion gases." *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 60, May 2017, Pages 132-176, <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2016.12.002>.