

Rancang Bangun Alat Smart Bin AI Ruang Tunggu Pasien di Rumah Sakit

¹Rafi Budhi Rahmadani, ²Imam Tri Harsoyo, ³Patrisius Kusi Olla

¹⁻³ Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

¹rafibudhi123@gmail.com, ²imamtriharsoyo@stikessemarang.ac.id,

³patrisiuskusiolla@stikessemarang.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 11-06-2025
Revised : 14-06-2025
Accepted : 18-06-2025
Online : 20-06-2025

Keywords:

Smart Trash Bin
Arduino Uno
Artificial Intelligence
Husky Lens Sensor
Trash Type Detector



ABSTRACT

Abstract: Hospital cleanliness is very important in creating a healthy and comfortable hospital environment. Therefore, proper waste management is needed. Waste that is not managed properly can cause environmental pollution and health problems. To overcome these problems, a smart trash bin system is needed that can detect and sort waste automatically. In this final project, a Smart Bin AI tool based on Arduino Uno is designed and built, equipped with a HuskyLens sensor, servo motor, and artificial intelligence (AI) system for waste type classification. The HuskyLens sensor is used to detect the presence of objects according to their type and classification, while the servo motor functions as a trash can lid driver. The integrated AI system helps classify waste types into organic, inorganic and B3 based on visual images. The test results show that this tool can operate automatically and provide a fast and accurate response in waste classification with a success rate of 90%. With this system, the waste disposal process becomes more efficient, hygienic, and supports efforts to maintain environmental cleanliness in hospitals.

Abstrak: Kebersihan di rumah sakit merupakan suatu hal yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan rumah sakit yang sehat dan nyaman. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan sampah yang baik dan benar. Sampah yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem tempat sampah pintar (Smart Bin) yang mampu mendeteksi dan memilah sampah secara otomatis. Pada tugas akhir ini, dirancang dan dibangun sebuah alat Smart Bin AI berbasis Arduino Uno yang dilengkapi dengan sensor HuskyLens, servo motor, dan sistem kecerdasan buatan (AI) untuk klasifikasi jenis sampah. Sensor HuskyLens digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek sesuai jenis dan klasifikasinya, sedangkan servo motor berfungsi sebagai penggerak tutup tempat sampah. Sistem AI yang terintegrasi membantu mengklasifikasikan jenis sampah menjadi organik, anorganik dan B3 berdasarkan citra visual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat beroperasi secara otomatis dan memberikan respons yang cepat serta akurat dalam pengklasifikasian sampah dengan nilai persentase keberhasilan sebesar 90%. Dengan adanya sistem ini, proses pembuangan sampah menjadi lebih efisien, higienis, dan mendukung upaya dalam menjaga kebersihan lingkungan di rumah sakit.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Pengelolaan kebersihan dan limbah di lingkungan rumah sakit memegang peranan vital dalam menjaga kesehatan dan kenyamanan pasien, pengunjung, serta tenaga kesehatan. Ruang tunggu pasien merupakan salah satu area dengan intensitas aktivitas tinggi yang berpotensi menghasilkan berbagai jenis sampah, baik organik, anorganik, maupun limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sayangnya, pemisahan dan pengelolaan sampah di ruang ini masih menghadapi kendala signifikan, terutama karena kurangnya sistem yang efisien dalam mengenali serta memilah jenis limbah secara otomatis. Ketidakteraturan dalam pengelolaan sampah tidak hanya mengganggu kenyamanan lingkungan, tetapi juga meningkatkan risiko kontaminasi silang dan penyebaran penyakit nosokomial (*Healthcare-Associated Infections*) yang dapat membahayakan pasien dan tenaga medis (Kementerian kesehatan RI, 2022).

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) muncul sebagai alternatif solusi yang inovatif dan efisien. Teknologi AI mampu mengotomatisasi proses klasifikasi limbah berdasarkan fitur visual yang ditangkap oleh sensor kamera pintar seperti HuskyLens. Dengan memanfaatkan model AI terlatih, alat seperti Smart Bin dapat mengenali jenis sampah (organik, anorganik, dan B3) secara cepat dan akurat tanpa campur tangan manusia secara langsung. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga dapat mengurangi beban kerja tenaga kebersihan dan meminimalkan risiko salah penanganan limbah rumah sakit yang berpotensi berbahaya (Damayanti & Noer, 2025; Sukarjadi et al., 2017; Wiguno, 2021).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan implementasi teknologi Smart Bin berbasis mikrokontroler dan Internet of Things (IoT). Minarto et al. (2023) mengembangkan tempat sampah pintar yang dilengkapi dengan sistem notifikasi untuk memberikan peringatan saat tempat sampah penuh. Sementara itu, pendekatan lain menggunakan NodeMCU dan integrasi web-based monitoring memungkinkan pengelolaan sampah secara real-time (Damayanti & Noer, 2025; Harsoyo et al., 2023; Minarto et al., 2021; Wiguno, 2021). Namun, solusi yang ditawarkan masih bergantung pada koneksi internet atau belum mampu melakukan klasifikasi jenis limbah secara mandiri berbasis kecerdasan buatan sepenuhnya.

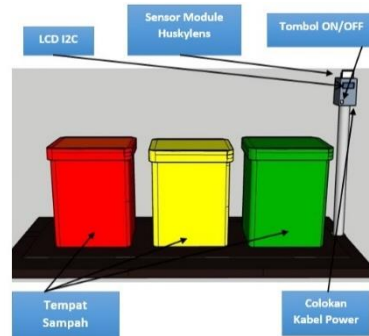
Dalam konteks inilah, pengembangan alat Smart Bin AI yang bekerja tanpa koneksi internet menjadi sangat relevan. Alat ini dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor HuskyLens untuk pengenalan citra, serta beberapa komponen pendukung seperti servo motor, buzzer, dan *power supply* untuk memastikan fungsionalitas penuh tanpa ketergantungan eksternal. Dengan sistem yang sepenuhnya offline, alat ini dapat ditempatkan di berbagai ruang tunggu rumah sakit, termasuk yang berada di daerah dengan keterbatasan jaringan. Selain itu, pemanfaatan AI dalam alat ini juga sejalan dengan tren global penerapan teknologi cerdas dalam bidang kesehatan dan pengelolaan lingkungan (Bourougaa-Tria et al., 2022; Muslihati et al., 2024).

Secara keseluruhan, inovasi Smart Bin AI ini diharapkan mampu memberikan solusi nyata dalam mendukung kebersihan rumah sakit secara otomatis dan efisien. Inovasi ini

tidak hanya memberikan kenyamanan dan keamanan tambahan bagi pengunjung dan pasien, tetapi juga merupakan langkah awal dalam integrasi teknologi pintar yang ramah lingkungan ke dalam sistem pelayanan kesehatan di Indonesia.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan, yang bertujuan untuk menerapkan teori dan teknologi dalam menyelesaikan permasalahan nyata di lingkungan rumah sakit, khususnya dalam pengelolaan sampah di ruang tunggu pasien. Penelitian terapan mengedepankan penggunaan ilmu dan teknologi untuk menciptakan produk atau sistem yang bermanfaat secara langsung (Abdhul, 2022).

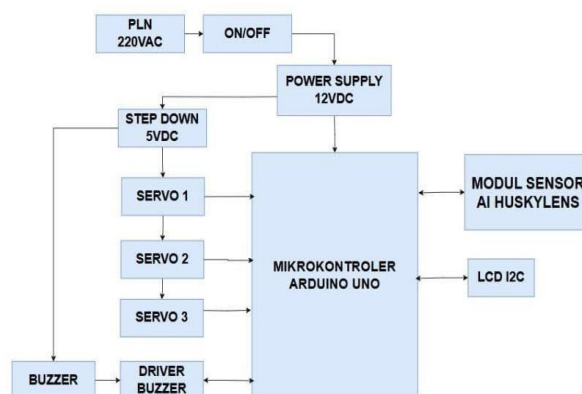


Gambar 1 Desain Alat

Tampilan luar alat Smart Bin AI untuk ruang tunggu pasien di rumah sakit dilengkapi dengan Modul Sensor HuskyLens sebagai pusat kontrol, LCD I2C untuk menampilkan hasil pembacaan sensor, tombol on/off untuk mengoperasikan alat, serta tempat sampah sebagai wadah pembuangan sampel sampah. Desain alat dibuat dengan memperhatikan aspek keselamatan (Gambar 1), agar dapat melindungi pengguna dari potensi bahaya aliran listrik yang menjadi sumber tegangan alat.

1. Blok Diagram Sistem

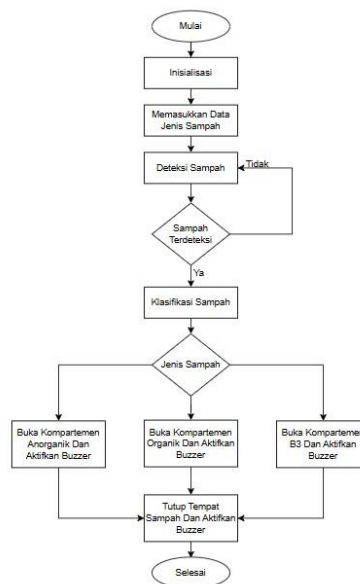
Struktur kerja alat secara menyeluruh digambarkan dalam Gambar 2: Blok Diagram Alat. Diagram ini menjelaskan aliran daya listrik dari sumber PLN (220VAC), konversi melalui *power supply* dan *step down regulator*, hingga distribusi daya ke mikrokontroler dan sensor. Mikrokontroler Arduino Uno menjadi pusat kendali, menerima data dari HuskyLens, memproses informasi, dan mengontrol servo motor serta buzzer. LCD I2C 20x4 digunakan untuk menampilkan status sistem secara real-time.



Gambar 2 Blok Diagram Alat

2. Diagram Alir Alat

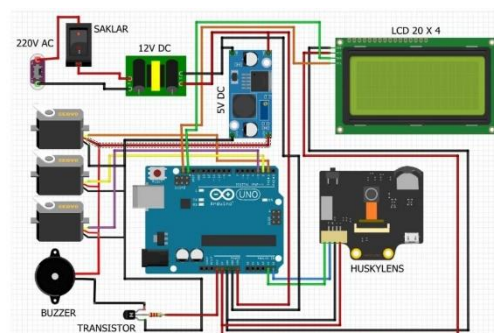
Proses kerja alat ditunjukkan secara rinci pada Gambar 3: Diagram Alir Alat, dimulai dari inisialisasi sistem, deteksi jenis sampah oleh sensor, klasifikasi (organik, anorganik, B3), hingga pengoperasian servo dan buzzer, yang berlangsung secara berulang untuk setiap deteksi baru. Smart Bin AI berbasis Arduino Uno ini menggunakan sensor HuskyLens untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah secara otomatis dengan bantuan kecerdasan buatan (AI). Hasil deteksi ditampilkan melalui LCD I2C, sedangkan servo motor digunakan untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah. Pengujian alat dilakukan dengan memasukkan sampel sampah berdasarkan jenisnya ke dalam program, menyalakan alat, lalu menggunakan tombol modul sensor untuk memilih menu object classification dan general setting untuk menyimpan data sampel.



Gambar 3 Diagram Alir Alat

3. Perancangan Rangkaian

Detail koneksi antara komponen elektronik ditunjukkan dalam Gambar 4: Rangkaian Alat. Diagram ini memperlihatkan hubungan pin Arduino dengan komponen lainnya: 1) LCD: SDA, SCL, VCC, GND; 2) Sensor HuskyLens: A4, A5, VCC, GND; 3) Servo 1-3: Pin 1-3; 4) Buzzer dan step down juga terhubung ke pin sesuai kebutuhan operasi.



Gambar 4 Rangkaian Alat

Rangkaian ini diatur agar semua komponen mendapat suplai daya sesuai spesifikasi dan dapat dikendalikan secara terintegrasi.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan analisis data dilakukan untuk menilai kinerja alat Smart BIN AI berbasis Arduino Uno dalam mendeteksi, mengklasifikasikan, dan mengarahkan jenis sampah ke tempat sampah yang sesuai berdasarkan kategori organik, anorganik, dan B3. Pengujian ini mencakup dua aspek utama: verifikasi kestabilan tegangan pada tiap komponen utama serta pengujian fungsi alat dalam merespons input sampah.

1. Persiapan Alat Ukur dan Metode Pengujian

Sebelum pengujian dilakukan, disiapkan peralatan bantu berupa multimeter digital sebagai alat ukur utama, serta sampel sampah dari tiga kategori utama (organik, anorganik, dan B3). Pengukuran tegangan dilakukan di 11 titik pengujian yang meliputi catu daya, regulator tegangan (LM2596), Arduino UNO, tiga buah motor servo, buzzer, sensor AI HuskyLens, dan LCD I2C. Setiap titik diuji sebanyak tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata tegangan, yang kemudian dibandingkan dengan nilai referensi datasheet untuk menentukan kesesuaian sistem terhadap desain awal (Bentoutou et al., 2023; Margolis, 2011; Rachael, 2017).

Pada pengujian sistem, data jenis sampah, nama objek, dan status sensor ditampilkan real-time pada LCD I²C 20×4 dirancang mengikuti praktik terbaik pada mikrokontroler (Digital, 2019; Jokanan et al., 2022; Susanto et al., 2025) untuk menyajikan informasi seperti jenis sampah, nama sampah, dan data sensor sampah. Berikut tampilan antarmuka pengguna pada saat tidak ada objek terdeteksi:



Gambar 5 Tampilan Sensor Huskylens



Gambar 6 Tampilan LCD I²C 20×4

2. Pengukuran Tegangan di Setiap Titik

1. Titik Pengukuran 1 (TP1) – Masukan Catu Daya

Tegangan masukan tercatat rata-rata sebesar 227,4 VAC dengan batas datasheet 85–230 VAC. Perhitungan persentase kesalahan berdasarkan rumus berikut:

$$\begin{aligned}\%Kesalahan &= \frac{227,4 - 220}{220} \times 100\% \\ &= 3,3 \%\end{aligned}$$

Nilai ini menunjukkan bahwa tegangan berada dalam batas toleransi aman (Bentoutou et al., 2023; Rachael, 2017). (Lihat Tabel 1: Masukan Catu Daya)

Tabel 1 Masukan Catu Daya

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	Datasheet (Volt)
1.	227,4 VAC	227,4 VAC	85-230 VAC
2.	227,4 VAC		
3.	227,4 VAC		

2. TP2 – Keluaran Catu Daya

Rata-rata hasil pengukuran adalah 12,44 VDC dari target 12 VDC dengan kesalahan sebesar 3,6%. Nilai tegangan keluaran yang digunakan masih dalam indikator normal (Bentoutou et al., 2023; Rachael, 2017). (*Lihat Tabel 2*)

Tabel 2 Keluaran Catu Daya

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	Datasheet (Volt)
1.	12,44 VDC	12,44 VDC	12 VDC
2.	12,44 VDC		
3.	12,44 VDC		

3. Uji Fungsi Alat

Pengujian fungsionalitas sistem dilakukan menggunakan tiga jenis sampah yang mewakili kategori organik (daun), anorganik (kaleng), dan B3 (obat). Deteksi dan klasifikasi dijalankan oleh sensor AI HuskyLens, dan hasil klasifikasi ditunjukkan melalui aktivasi bukaan tempat sampah yang relevan oleh motor servo, serta bunyi buzzer sebagai sinyal. Integrasi sensor AI seperti HuskyLens mempermudah pemrosesan visual pada edge device (Bourougaa-Tria et al., 2022; Malik et al., 2022). Aktivasi motor servo berdasarkan model kontrol presisi yang telah dievaluasi (Amrah, 2023; Satrio, 2024).

Tabel 3 Uji Fungsi Alat – Sampel Organik

Sampel	Organik	% Keberhasilan
Daun	1	100%
Daun	1	100%
Daun	1	100%
Daun	1	100%
Daun	1	100%

Tabel 4 Uji Fungsi Alat – Sampel Anorganik

Sampel	Anorganik	% Keberhasilan
Kaleng	1	100%
Kaleng	1	100%
Kaleng	1	100%
Kaleng	1	100%
Kaleng	1	100%

Tabel 5 Uji Fungsi Alat – Sampel B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Sampel	B3	% Keberhasilan
Obat	1	100%
Obat	1	100%
Obat	0	0%

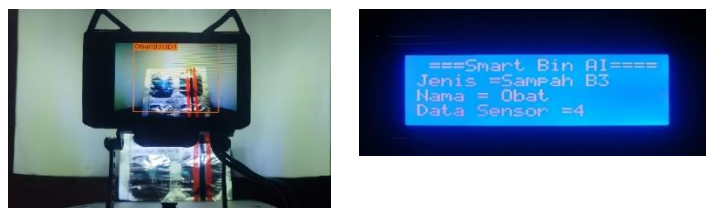
Obat	1	100%
Obat	1	100%



Gambar 7 Tampilan Saat Tidak Ada Objek



Gambar 8 Tampilan Jenis Sampah Organik



Gambar 9 Tampilan Jenis Sampah B3



Gambar 10 Tampilan Jenis Sampah Non Organik

Tabel Uji Fungsi Alat menyajikan data keberhasilan klasifikasi untuk masing-masing sampel. Semua sampel berhasil dikenali dan diarahkan ke tempat yang tepat, kecuali satu kasus pada sampah B3 (obat) yang tidak terbaca, kemungkinan disebabkan oleh posisi atau pencahayaan yang kurang optimal.

Rata-rata tingkat keberhasilan sistem dalam mengklasifikasikan sampah mencapai 100%, menunjukkan bahwa algoritma yang tertanam dalam perangkat lunak sistem berjalan dengan akurat dan stabil dalam kondisi ideal. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa penerapan AI berbasis pengenalan citra pada sistem klasifikasi sampah dapat menghasilkan akurasi tinggi apabila pencitraan dan pelatihan model dilakukan dengan baik (Alvina, 2023; Anggara et al., 2025; Aprilla et al., 2024; Bourougaa-Tria et al., 2022; Hou et al., 2019; Malik et al., 2022).

4. Analisis dan Pembahasan

Dari seluruh titik pengukuran tegangan, semua nilai yang diperoleh berada dalam batas toleransi $\pm 5\%$ dari nilai referensi datasheet. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kelistrikan alat Smart BIN AI dirancang dengan baik dan stabil (Bentoutou et al., 2023; Rachael, 2017). Hasil uji fungsi pun memperkuat hal tersebut, karena proses deteksi, klasifikasi, serta aksi mekanis pada alat dapat dilakukan secara otomatis dan tepat. Desain keseluruhan sistem mengikuti prinsip rekayasa embedded modern untuk kestabilan dan modularitas (Hou et al., 2019; Wibowo, 2024). Temuan ini mendukung bahwa integrasi antara sensor visual berbasis AI dan kontrol mikrokontroler dapat menjadi solusi praktis dalam otomasi pemilahan sampah, khususnya di lingkungan rumah sakit yang membutuhkan sanitasi optimal dan efisiensi operasional.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian terhadap alat Smart Bin AI berbasis Arduino Uno, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil menjalankan fungsinya secara optimal dalam mendeteksi, mengklasifikasikan, dan mengarahkan sampah ke tempat yang sesuai berdasarkan kategorinya. Sistem yang memanfaatkan sensor HuskyLens berbasis kecerdasan buatan mampu membedakan secara otomatis antara sampah organik, anorganik, dan B3, serta mengaktifkan respons mekanis melalui motor servo dan tampilan informasi melalui LCD I2C. Hasil uji fungsi menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dalam 3 kali percobaan, dengan syarat bahwa karakteristik visual sampah tidak terlalu mirip antar jenis. Dengan desain yang bekerja secara offline, alat ini menunjukkan potensi besar untuk diimplementasikan di ruang publik seperti rumah sakit, guna mendukung program pemilahan sampah dan efisiensi pengelolaan limbah.

Meskipun alat telah berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, terdapat beberapa aspek yang dapat ditingkatkan dalam pengembangan selanjutnya. Pertama, disarankan untuk menambahkan modul GPS dan sensor kapasitas agar volume sampah dapat dipantau dari jarak jauh melalui perangkat seluler. Kedua, peningkatan modul AI dengan kapasitas penyimpanan yang lebih besar akan memungkinkan klasifikasi lebih banyak jenis sampah dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Ketiga, penggunaan mikrokontroler yang lebih canggih seperti ESP32 dapat membuka akses terhadap konektivitas berbasis *Internet of Things* (IoT), yang akan memperluas fitur monitoring dan integrasi sistem secara real-time. Dengan pengembangan lebih lanjut, alat Smart Bin AI ini diharapkan mampu menjadi solusi inovatif dalam mendukung sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi cerdas di berbagai sektor layanan publik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih khusus ditujukan kepada kedua orang tua, adik, dan keluarga tercinta atas doa dan motivasi yang tiada henti; Bapak Patrisius Kusi Olla, S.T., M.T. selaku Ketua STIKES Semarang dan juga pembimbing II; serta Bapak Imam Tri Harsoyo, S.Pd., M.Si. selaku pembimbing I atas bimbingan dan arahnya yang sangat berharga.

REFERENSI

- Abd hul, A. (2022). *Metodologi Penelitian Terapan untuk Ilmu Teknik*. Penerbit Teknologi Nusantara.
- Alvina, B. (2023). *Klasifikasi sampah pada image recognition menggunakan metode Resnet50v2*. Politeknik Harapan Bersama Tegal.
- Amrah, Z. (2023). Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno. *JSSIT: Jurnal Sains Dan Sains Terapan*, 1(1), 43986–43997. <https://doi.org/10.30631/jssit.v1i1.6>
- Anggara, J., Ryansyah, E., Dermawan, B. A., Karawang, U. S., & Timur, T. (2025). Implementasi object detection dalam klasifikasi sampah untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(3), 4923–4930. <https://doi.org/https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13813>
- Aprilla, A., Prihartono, W., Rohmat, C. L., & Kunci, K. (2024). Optimasi Model Klasifikasi Citra Sampah Daur Ulang Dengan Algoritma Yolo11. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 12(2), 92–97. <https://doi.org/10.31294/jki.v12i2.24646>
- Bentoutou, H., Boutte, A., Limam, L., Yazid, B., & Laribi, A. (2023). Design and Analysis of a DC/DC Buck Converter with Load Switch for Educational Nanosatellite Power Sub-systems. *74th International Astronautical Congress (IAC)*.
- Bourougaa-Tria, S., Mokhati, F., Tria, H. E., & Bouziane, O. (2022). SPubBin: Smart Public Bin Based on Deep Learning Waste Classification: An IOT system for Smart Environment in Algeria. *Informatica (Slovenia)*, 46(8), 41–66. <https://doi.org/10.31449/inf.v46i8.4331>
- Damayanti, S., & Noer, Z. M. (2025). Smart Dustbin Based on Internet of Things (IoT) Information System Using Telegram Smart Dustbin Berbasis Internet of Things (IoT) Sistem Informasi Menggunakan Telegram. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(January), 451–462. <https://doi.org/0.57152/malcom.v5i1.1754>
- Digital, N. (2019). *Interfacing LCD 2004 (20×4) atau 1602 (16×2) Karakter dengan I2C Backpack. NN Digital | Belajar Arduino, ESP8266 / NodeMCU, STM32, Raspberry Pi, Mikrokontroler Dan Teknologi Informasi Lainnya*. <https://www.nn-digital.com/blog/2016/04/16/interfacing-lcd-2004-20x4-atau-1602-16x2-karakter-dengan-i2c/>
- Harsoyo, I. T., Ulin Nuha ABA, M., & Cahyati, D. (2023). Smart Glove Berbasis IoT dengan Output Teks dan Suara. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 11(02), 21–28. <https://doi.org/10.23960/2fjtaf.v11i2.3212>
- Hou, N., Yan, X., & He, F. (2019). A survey on partitioning models, solution algorithms and algorithm parallelization for hardware/software co-design. *Design Automation for Embedded Systems*, 23(1–2), 57–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10617-019-09220-7>
- Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 47–55. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p47-55>
- Kementerian kesehatan RI, I. (2022). *Pedoman pengelolaan limbah medis di fasilitas*

- pelayanan kesehatan*. Kemenkes RI.
- Malik, M., Sharma, S., Uddin, M., Chen, C. L., Wu, C. M., Soni, P., & Chaudhary, S. (2022). Waste Classification for Sustainable Development Using Image Recognition with Deep Learning Neural Network Models. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su14127222>
- Margolis, M. (2011). *Arduino Cookbook*. O'Reilly.
- Minarto, L., Muni, A., & Lestari, C. D. (2021). Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar dengan Notifikasi. *Jurnal Teknologika*, 11(2), 108–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.51132/teknologika.v11i2.137>
- Muslihati, M., Sahibu, S., & Taufik, I. (2024). Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Jenis Sampah Organik dan Non Organik. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(3), 840–852. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i3.1346>
- Rachael. (2017). *Lab Experiments - Performance Evaluation and Testing of LM2596 DC-DC Converter Board*. Element14. <https://community.element14.com/members-area/personalblogs/b/rachael-s-blog/posts/lab-experiments---performance-evaluation-and-testing-of-lm2596-dc-dc-converter-board>
- Satrio, R. (2024). *Sistem Tempat Sampah Otomatis (Organik & Non Organik) Berbasis Energi Surya Dengan Indikator Penuh Menggunakan Arduino di Politeknik Harapan Bersama Kota Tegal*. Politeknik Harapan Bersama Tegal.
- Sukarjadi, H., Ramdani, E., & Wijaya, D. (2017). *Smart Trash Bin Berbasis Arduino Uno*. Digilib Universitas Lampung.
- Susanto, E. S., Sistem, F. R., & Sumbawa, U. T. (2025). Perancangan prototype alat monitoring dan kontrol peralatan listrik berbasis internet of things (IoT) pada rumah tangga menggunakan sensor Pzem-004T The design of a prototype monitoring and control device for household electrical appliances based on the. *Sismantec*, 13(2), 91–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/simantec.v13i2.29078>
- Wibowo, A. (2024). *Keamanan Sistem Tertanam (Embedded System Security)*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Wiguno, S. (2021). *Sistem Otomatisasi pada Smart Trash Bin Menggunakan Node MCU Berbasis Internet of Things*. Politeknik Harapan Bersama Tegal.