

Sistem Pengasingan Sampah Menggunakan Raspberry Pi

Recycle Sorting System Using Raspberry Pi

Muhammad Arif Irfan Mohd Shahrir, Tengku Nadzlin Tengku Ibrahim ^{*1,2},
Ahmad Alabqari Ma'Radzi^{1,2}, Muhammad Shukri Ahmad¹, Wan Suhaimizan
Wan Zaki³

¹ Department of Electrical Engineering, Centre for Diploma Studies, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

² Modular Educational Robotic (MEBOT) Focus Group, Centre for Diploma Studies, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

³ Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 86400 Parit Raja, Johor, MALAYSIA

*Pengarang Utama: nadzlin@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2026.07.01.027>

Maklumat Artikel

Diserah: 1 Oktober 2025

Diterima: 30 November 2025

Diterbitkan: 15 Januari 2025

Abstrak

Projek ini bertujuan untuk membangunkan sistem pengasingan sampah automatik berkos rendah yang menggunakan mikropengawal RP2040 pada papan Raspberry Pi untuk mengesan serta mengasingkan bahan kitar semula jenis plastik dan logam. Sistem menggabungkan sensor logam induktif, sensor ultrasonik dan motor servo bagi memindahkan objek ke bekas yang betul secara automatik. Prototaip dihasilkan bertujuan meningkatkan kecekapan proses pengasingan sampah, mengurangkan kos operasi manual dan menyokong amalan kitar semula di peringkat domestik serta perniagaan berskala kecil. Pengujian menggunakan 20 sampel menunjukkan kadar ketepatan pengesanan logam sebanyak 100% manakala ketepatan pengasingan plastik pula adalah 90%. Sistem ini boleh beroperasi sehingga 8 jam menggunakan pek bateri 7.4 V 6800 mAh. Secara keseluruhannya, projek ini berjaya membuktikan bahawa sistem pengasingan sampah automatik berasaskan mikropengawal RP2040 mampu berfungsi dengan cekap dan berkesan dalam mengesan serta mengasingkan bahan kitar semula. Projek ini menghasilkan prototaip sistem pengasingan sampah automatik berasaskan RP2040 yang memenuhi semua objektif ditetapkan dan berupaya mengurangkan kebergantungan kepada kaedah manual.

Kata Kunci

sistem pengasingan sampah, RP2040, sensor logam, sensor ultrasonik, motor servo

Keywords

Waste separation system, RP2040, metal sensor, ultrasonic sensor, servo motor

Abstract

This project aims to develop a low-cost automatic waste separation system using the RP2040 microcontroller on a Raspberry Pi board to detect and separate recyclable materials such as plastic and metal. The system integrates an inductive metal sensor, ultrasonic sensor,

and servo motor to automatically transfer objects into the appropriate bin. The prototype is designed to improve the efficiency of the waste separation process, reduce manual operation costs, and support recycling practices at the domestic level and for small-scale businesses. Testing with 20 samples showed a 100% accuracy rate in metal detection and 90% accuracy in plastic separation. The system can operate for up to 8 hours using a 7.4 V 6800 mAh battery pack. Overall, this project has successfully demonstrated that an automatic waste separation system based on the RP2040 microcontroller can operate efficiently and effectively in detecting and separating recyclable materials. This project produced a prototype of an automatic waste separation system based on the RP2040 that meets all the set objectives and is capable of reducing reliance on manual methods.

1. Pendahuluan

Peningkatan kadar pembuangan sampah dan ketidakcekan pengasingan secara manual menjadi cabaran utama dalam pengurusan sisa pepejal. Kaedah tradisional sering mengakibatkan masa proses yang panjang, kos buruh tinggi serta ralat pengasingan yang menjejaskan kualiti bahan kitar semula [1]. Teknologi automasi berasaskan Internet Benda (IoT) telah menunjukkan potensi besar dalam menangani isu ini [2–4]. Namun, kebanyakan sistem sedia ada sama ada terlalu kompleks atau mahal untuk digunakan di peringkat domestik [5, 6]. Justeru, projek ini memfokuskan kepada pembangunan satu sistem pengasingan sampah automatik yang ringkas, kos efektif dan mudah dikendalikan dengan tujuan dapat mengurangkan tenaga kerja manusia serta meningkatkan ketepatan proses pengasingan.

2. Metodologi

Bahagian ini menerangkan kaedah dan proses pelaksanaan projek bagi membangunkan sistem pengasingan sampah automatik menggunakan mikropengawal RP2040. Objektif utama sistem ini adalah untuk mengesan dan mengasingkan bahan kitar semula jenis logam dan bukan logam (plastik) secara automatik menggunakan sensor yang sesuai serta mengawal pergerakan motor servo bagi tujuan pengasingan.

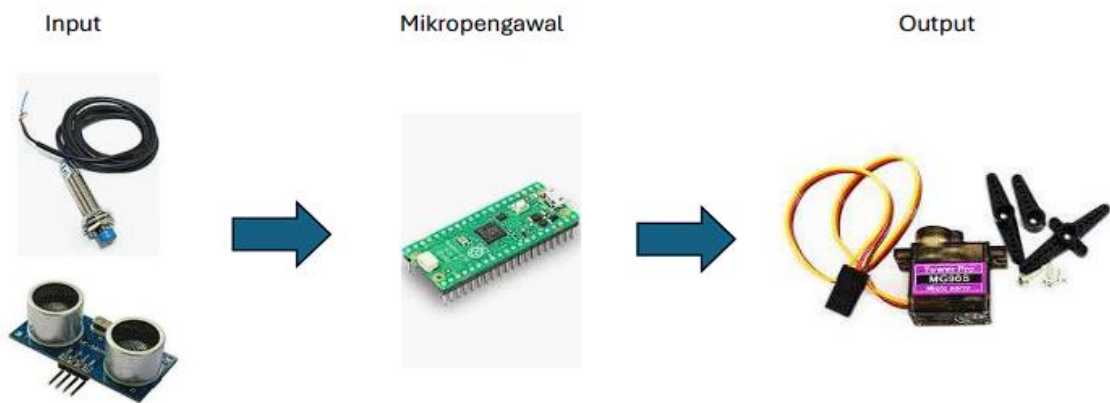
2.1 Gambarajah Blok Sistem

Rajah 1 menunjukkan gambar rajah blok projek sistem pengasingan bahan kitar semula menggunakan mikropengawal RP2040. Sistem ini terdiri daripada tiga bahagian utama iaitu masukan, mikropengawal dan keluaran yang saling berhubung untuk melaksanakan proses pengasingan bahan.

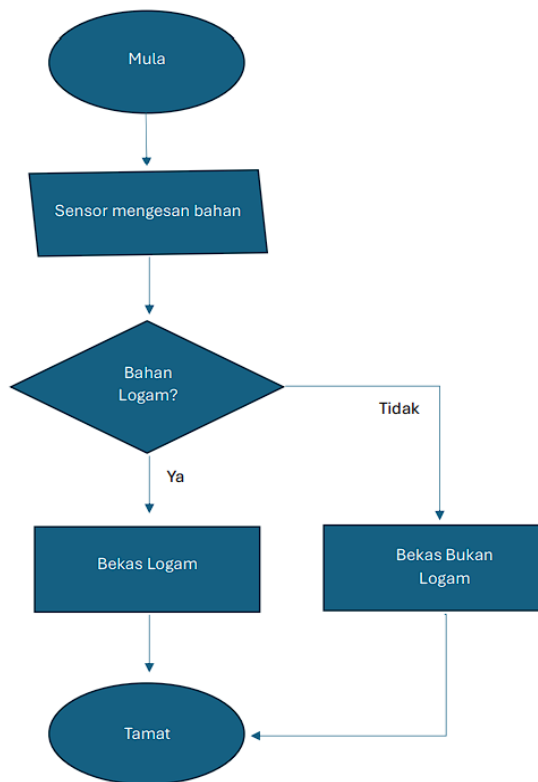
Bahagian masukan terdiri daripada sensor logam induktif dan sensor ultrasonik yang berperanan penting dalam proses pengesanan bahan. Sensor logam induktif berfungsi untuk mengesan kehadiran bahan logam berdasarkan gangguan medan magnet yang dihasilkan oleh objek logam. Sementara itu, sensor ultrasonik digunakan untuk mengesan kehadiran sebarang objek, khususnya bahan bukan logam, dengan cara menghantar gelombang ultrasonik dan mengukur masa pantulan gelombang tersebut. Data daripada kedua-dua sensor ini akan dihantar ke mikropengawal RP2040 untuk diproses dan dianalisis, seterusnya menentukan jenis bahan yang dikesan serta arahan yang perlu dilaksanakan untuk pengasingan bahan secara automatik.

Bahagian keluaran pula melibatkan motor servo dan bekas pengasingan. Motor servo akan digerakkan berdasarkan arahan daripada mikropengawal untuk mengalihkan bahan ke bekas yang sesuai, sama ada bahan logam atau bukan logam. Proses ini membolehkan pengasingan bahan kitar semula dilakukan secara automatik dan lebih efisien.

Rajah 2 menunjukkan carta alir bagi proses sistem pengasingan bahan kitar semula yang dibangunkan. Proses ini bermula apabila sistem diaktifkan dan berada dalam keadaan sedia *idle* untuk mengesan kehadiran bahan menggunakan sensor. Sensor ini akan mengesan sama ada terdapat objek yang masuk ke dalam sistem atau tidak. Jika terdapat objek dikesan, sistem akan menentukan sama ada objek tersebut adalah bahan logam atau bukan logam. Sekiranya objek adalah logam, sistem akan mengarahkan motor servo untuk mengalihkan bahan tersebut ke bekas logam yang telah ditetapkan. Jika objek bukan logam, seperti plastik, ia akan dialihkan ke bekas bukan logam. Selepas proses pengasingan selesai, sistem kembali ke keadaan tunggu *idle* untuk mengesan kehadiran objek seterusnya. Proses ini berlaku secara automatik dan berulang setiap kali bahan dimasukkan ke dalam sistem sehingga proses selesai sepenuhnya.



Rajah 1 Gambar rajah blok projek



Rajah 2 Carta alir projek.

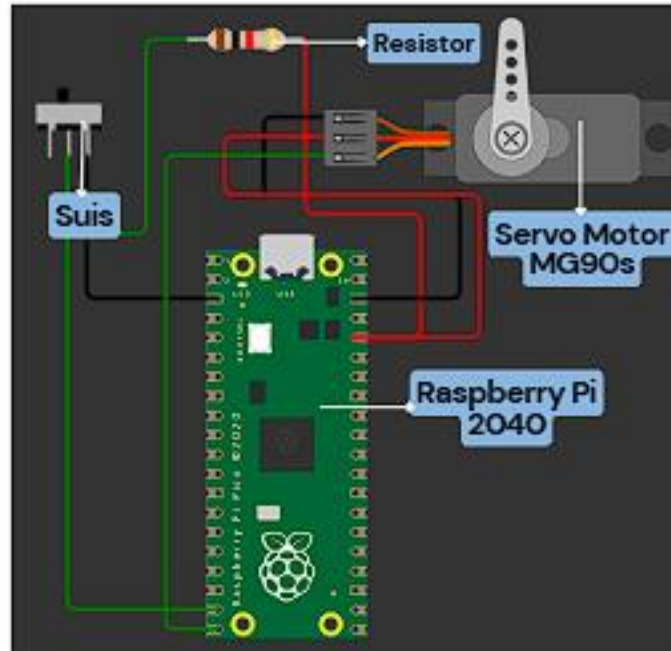
2.2 Litar Skematik

Rajah 3 menunjukkan sambungan litar simulasi projek sistem pengasingan bahan menggunakan papan mikropengawal Raspberry Pi Pico. Dalam simulasi ini, suis digunakan sebagai pengganti kepada sensor logam jenis *inductive proximity sensor* kerana komponen tersebut tidak tersedia dalam perisian Wokwi. Fungsi suis ini adalah untuk mewakili pengesanan kehadiran bahan logam secara manual.

Dari rajah, dapat dilihat suis dihubungkan kepada pin input Raspberry Pi Pico. Apabila suis ditekan, ia akan menghantar isyarat ke mikropengawal seolah-olah bahan logam telah dikesan oleh sensor sebenar. Terdapat juga sambungan resistor yang berfungsi untuk tujuan pull-down, bagi memastikan bacaan pin input adalah stabil dan tidak terganggu apabila suis tidak ditekan.

Selain itu, motor servo disambungkan kepada salah satu pin output Raspberry Pi Pico. Motor servo ini berfungsi untuk mengalihkan bahan sama ada ke bekas logam atau bukan logam bergantung kepada arahan daripada mikropengawal. Litar juga menunjukkan sambungan kuasa 5 V dan GND yang diperlukan untuk menghidupkan servo motor dan keseluruhan sistem.

Melalui simulasi ini, apabila suis ditekan, mikropengawal akan menganggap terdapat bahan logam dikesan, lalu memberi arahan kepada motor servo untuk bergerak, sepertimana operasi sebenar sistem menggunakan sensor logam. Simulasi ini membantu menguji fungsi logik sistem walaupun tanpa kehadiran sensor sebenar dalam persekitaran simulasi.

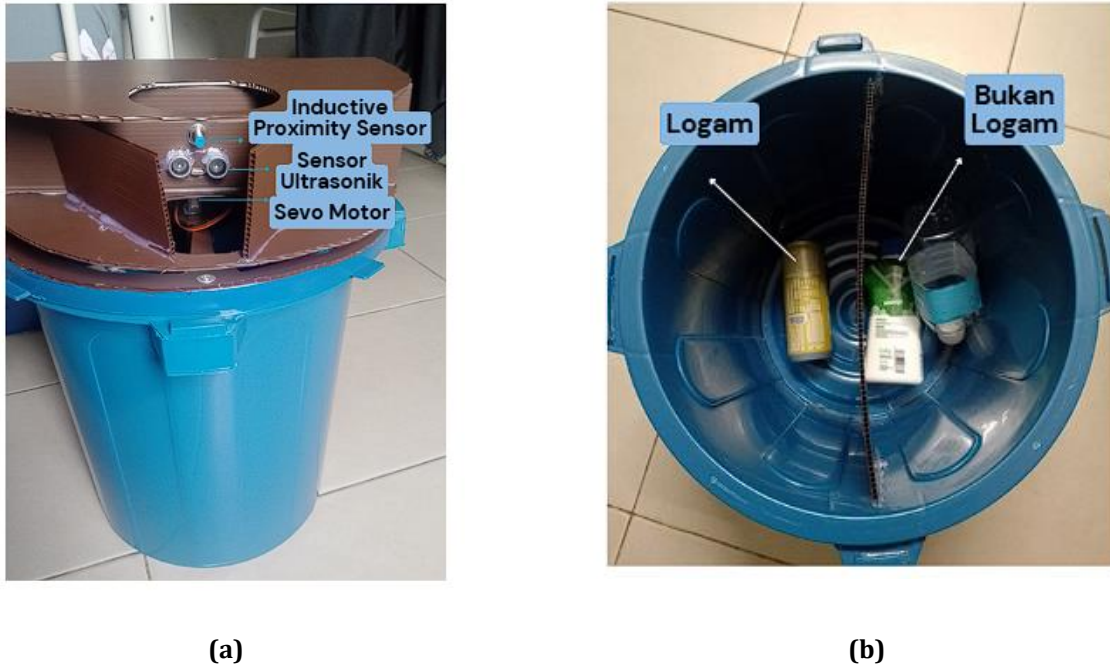


Rajah 3 Perincian litar skematik sistem.

3. Keputusan dan Perbincangan

Rajah 4 (a) menunjukkan komponen utama sistem pengasingan bahan kitar semula automatik yang terdiri daripada sensor logam induktif, sensor ultrasonik dan motor servo. Sensor logam induktif berfungsi untuk mengesan kehadiran bahan logam berdasarkan gangguan medan elektromagnet, membolehkan sistem mengenal pasti objek logam seperti tin. Sensor ultrasonik pula digunakan untuk mengesan kehadiran sebarang objek dengan mengukur jarak berdasarkan masa pantulan gelombang ultrasonik, khususnya bagi mengenal pasti bahan bukan logam seperti plastik. Servo motor bertindak sebagai penggerak mekanikal yang menerima arahan daripada mikropengawal untuk mengalihkan objek ke dalam bekas yang sesuai, sama ada logam atau bukan logam, sekaligus memastikan proses pengasingan berlaku secara automatik dan tepat.

Rajah 4 (b) menunjukkan tempat pengasingan bahan dalam sistem pengasingan sampah automatik yang dibangunkan. Ia memperlihatkan dua bekas berasingan yang masing-masing digunakan untuk menempatkan bahan logam dan bukan logam seperti plastik. Setelah objek dikesan oleh sensor logam induktif atau sensor ultrasonik, mikropengawal RP2040 akan memproses isyarat tersebut dan mengarahkan motor servo untuk mengalihkan objek ke bekas yang sesuai. Proses ini berlaku secara automatik tanpa memerlukan campur tangan manual, sekali gus meningkatkan kecekapan dan ketepatan dalam pengasingan bahan kitar semula. Rajah ini membantu memberikan gambaran visual tentang bagaimana sistem melaksanakan fungsi pengasingan bahan secara fizikal dan teratur.



Rajah 4 (a) Perincian bahan produk dan (b) Tempat pengasingan bahan

3.1 Keputusan

Ujian prestasi telah dijalankan menggunakan 10 sampel botol plastik dan 10 sampel tin logam. Sensor logam berjaya mengesan kesemua 10 tin logam dengan tepat, memberikan ketepatan 100% bagi logam. Bagi sampel plastik, 9 daripada 10 berjaya dikelaskan dengan betul sebagai bukan logam, manakala 1 sampel plastik tersalah dikesan sebagai logam, menjadikan ketepatan sistem bagi plastik meningkat kepada 90%.

Jadual 1 menunjukkan keputusan ujian prestasi sistem pengasingan yang melibatkan 10 sampel tin logam dan 10 sampel botol plastik. Untuk tin logam, semua sampel berjaya dikesan dengan tepat oleh sensor logam dan diarahkan ke bekas logam, memberikan ketepatan 100%. Manakala bagi botol plastik, 9 daripada 10 sampel dikenalpasti dengan betul dan hanya satu sampel tersalah dikesan sebagai logam, menjadikan ketepatan sistem untuk plastik ialah 90%. Hasil ini menunjukkan bahawa sistem berfungsi dengan sangat baik untuk bahan logam dan masih berkesan untuk bahan plastik, dengan ruang penambahbaikan bagi meningkatkan ketepatan klasifikasi bukan logam.

Jadual 1 Keputusan pengujian sistem

No.	Jenis Sensor	Bilangan dan Jenis sampel	Masukan Diterima	Tindakan Sistem
1	Logam	10 (Tin Logam)	Semua dikesan betul	Asingkan ke logam
2	Ultrasonik	10 (Botol Plastik)	9 betul, 1 salah	Asingkan ke plastik

3.2 Perbincangan

Projek ini telah menunjukkan prestasi baik dalam mengesan dan mengasingkan bahan logam dan plastik secara automatik menggunakan mikropengawal RP2040. Ujian ke atas 10 sampel menunjukkan sistem mencapai ketepatan 100% untuk logam dan 90% untuk plastik. Sensor logam berfungsi tanpa ralat manakala satu kesilapan dikesan pada plastik, berkemungkinan disebabkan bentuk objek atau pantulan yang mengganggu bacaan sensor ultrasonik. Sistem mengambil masa purata 0.7 saat untuk bertindak balas, sesuai untuk kegunaan domestik. Simulasi menggunakan Wokwi membuktikan logik sistem berfungsi walaupun tanpa sensor sebenar.

Bagi meningkatkan ketepatan pengesanan plastik, beberapa penyelesaian boleh dilaksanakan seperti menambah sensor warna atau sensor inframerah (IR) bagi membantu membezakan bahan bukan logam dengan lebih tepat.

Di samping itu, penggunaan teknik 'sensor fusion', iaitu gabungan data daripada pelbagai jenis sensor, dapat meningkatkan kebolehpercayaan pengesanan dengan mengurangkan kesilapan bacaan tunggal. Penambahbaikan reka bentuk fizikal saluran bahan supaya objek berada pada kedudukan tetap semasa pengesanan juga dapat membantu meningkatkan konsistensi bacaan.

Secara keseluruhan, sistem beroperasi secara stabil dan efisien, namun penambahbaikan seperti penggunaan sensor tambahan, teknik sensor fusion, dan integrasi IoT boleh dipertimbangkan untuk meningkatkan kebolehpercayaan dan ketepatan sistem pada masa hadapan.

4. Kesimpulan

Projek ini menghasilkan prototaip sistem pengasingan sampah automatik berasaskan RP2040 yang memenuhi semua objektif ditetapkan dan berupaya mengurangkan kebergantungan kepada kaedah manual. Sistem ini membuktikan potensi untuk digunakan secara meluas pada kos pembangunan yang rendah. Tambah baik masa depan termasuk integrasi IoT untuk pemantauan masa nyata, peningkatan kapasiti bekas dan penggunaan penderia tambahan untuk mengesan lebih banyak kategori bahan kitar semula.

Penghargaan

Penulis merakam ucapan terima kasih kepada Kumpulan Fokus Modular Educational Robot (MEBOT) dan Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas bantuan teknikal bagi menjayakan projek ini.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: konsepsi dan reka bentuk kajian: Tengku Nadzlin bin Tengku Ibrahim; pengumpulan data: Muhammad Arif Irfan Bin Mohd Shahrir; analisis dan interpretasi hasil: Muhammad Arif Irfan Bin Mohd Shahrir; penyediaan draf manuskrip: Tengku Nadzlin bin Tengku Ibrahim, Muhammad Arif Irfan Bin Mohd Shahrir, Ahmad Alabqari bin Ma'Radzi, Muhammad Shukri bin Ahmad dan Wan Suhaimizan bin Wan Zaki. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip

Rujukan

- [1] N. C. A. Sallang, M. T. Islam, M. S. Islam, H. Arshad, "A CNN-based smart waste management system using TensorFlow lite and LoRa-GPS shield in Internet of Things environment," IEEE Access, vol. 9, pp. 153560-153574, 2021.
- [2] M. W. Rahman, R. Islam, A. Hasan, N. I. Bithi, M. M. Hasan, M. M. Rahman, "Intelligent waste management system using deep learning with IoT," Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, vol. 34, no. 5, pp. 2072-2087, 2022.
- [3] R. S. H. R. Dollah, M. A. N. Rosman, M. H. H. A. Walit, T. N. T. Ibrahim, "Pengasingan Sampah Automatik," Multidisciplinary Applied Research and Innovation, vol. 3, no. 1, pp. 436-443, 2022.
- [4] H. Hassan, F. Saad, M. S. M. Raklan, "A low-cost automated sorting recycle bin powered by Arduino microcontroller," In 2018 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), pp. 182-186, Dec 2018.
- [5] C. Tourneau, J. J. Chardin, A. Bandry-Scubbi, J. Milton, "The Recycler Recycled. The Déjà-vu and the Authentic: Reprise, Recycling, Recuperating in Anglophone Literature and Culture," pp. 211-230, 2012.
- [6] A. Smith and B. Jones, "Automated Waste Sorting Systems: A Review of Technologies and Challenges," Journal of Environmental Management, vol. 26, no. 3, pp. 112-125, 2020.