

Robot Penghantar Automatik Menggunakan Arduino dan Pengimbas RFID

Mohammad Hanif Saipul Bahri¹, Mohammad Hafiz Saipul Bahri¹, Zainab Zainal^{*1}, Md Nor Ramdon Baharom², Saidatul Nazriah Rosli³

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

²Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Engineering Technology, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA.

³Laboratory Management Office (PPMKCP), Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA.

**Corresponding Author Designation*

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2023.04.04.031>

Received 01 September 2023; Accepted 15 October 2023; Available online 1 December 2023

Abstract: *The automatic delivery system has become increasingly popular since the COVID-19 pandemic. Automated delivery robots allow touchless delivery to maintain social distancing and reduce the risk of virus transmission. Therefore, this project is related to the development of a prototype of an automatic delivery robot. It uses Arduino Mega2560 as the main controller, an RFID scanning system for destination recognition and authentication, and IR sensors to control the robot's movement along a predetermined path. The robot is also equipped with ultrasonic sensors that function to stop the robot if there are any obstacles in front of it. The uniqueness of this robot compared to other automated delivery systems is its innovative feature of recharging the battery using kinetic energy from the rotation of the robot's wheels. This robot is expected to be used in the warehouse industry in the future.*

Keywords: *Automatic Delivery Robot, Touchless Delivery, Arduino and RFID*

Abstrak: *Penghantaran barang secara automatik semakin popular semenjak pandemik covid-19. Robot penghantaran automatik membolehkan penghantaran tanpa sentuhan untuk mengekalkan penjarakkan sosial dan mengurangkan risiko penularan virus. Oleh itu, projek ini adalah berkaitan pembangunan prototaip robot penghantar automatik. Ia menggunakan ArduinoMega2560 sebagai pengawal utama, sistem pengimbas RFID sebagai pengenalan dan pengesanan destinasi, dan sensor IR*

sebagai pengawal robot supaya ianya mengikut laluan yang ditentukan. Robot ini juga dilengkapi dengan sensor Ultrasonic yang berfungsi untuk menghentikan robot jika terdapat halangan dihadapannya. Kelainan pada robot ini berbanding sistem penghantaran automatik yang lain ialah ia mempunyai ciri inovasi iaitu pengecasan semula bateri menggunakan tenaga kinetik dari putaran pada roda robot. Robot ini dijangka dapat digunakan didalam industri pergudangan pada masa akan datang.

Kata kunci: Robot Penghantar Automatik, Penghantar Tanpa Sentuhan, Arduino dan RFID

1. Pengenalan

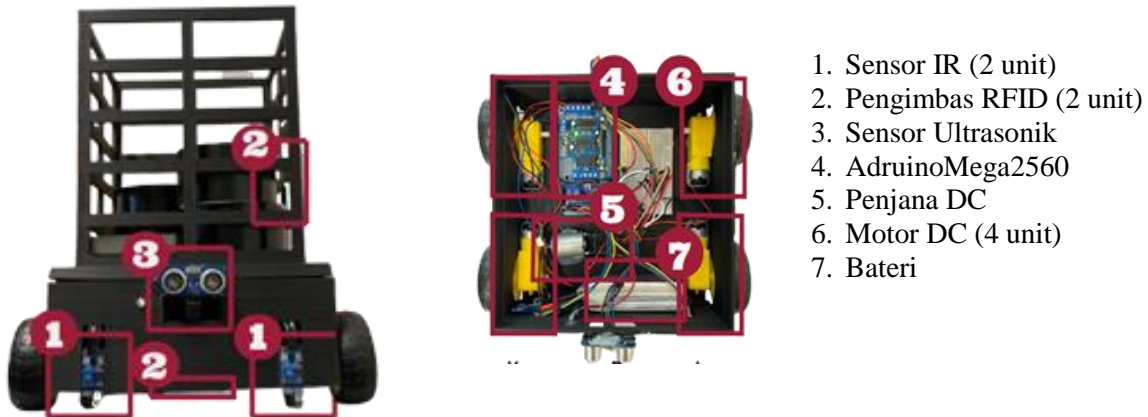
Pada tahun 2020, Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) telah mengklasifikasikan wabak corona virus (COVID-19) sebagai pandemik kerana ia merebak dengan sangat cepat ke seluruh dunia [1]. Kerajaan mengambil tindakan untuk mengenakan perintah kawalan pergerakan (MCO) bagi membendung penularan virus ini. Pembelian secara atas talian dan penghantaran barang ke rumah menjadi semakin sibuk kerana pengguna tidak lagi boleh membeli-belah secara fizikal disebabkan penutupan premis-premis perniagaan. Keperluan seperti makanan dan barangan runcit perlu dibeli secara atas talian untuk mengelakkan sebarang sentuhan dan mengawal penjarakkan sosial. Disebabkan hal ini, gudang simpanan barang juga menjadi semakin sibuk ditambah pula dengan faktor pengurangan pekerja yang dihadkan berada di dalam gudang pada satu-satu masa. Secara tidak langsung ia menambahkan tekanan dalam proses penyediaan dan penghantaran barangan di dalam gudang. Robot penghantar automatik dapat membantu melegakan tekanan pada sistem pengedaran gudang dan mengurangkan kadar penyebaran virus [2]. Menurut kajian, kos proses penghantaran barang mewakili 28% daripada keseluruhan kos penghantaran dan merupakan peringkat paling penting dalam rantai bekalan [3]. Strategi baharu untuk meningkatkan kecekapan penghantaran jarak jauh adalah menggabungkan pelbagai jenis robot penghantaran automatik, ia termasuklah penggunaan robot penghantar automatik di gudang, yang telah terbukti sebagai salah satu teknologi paling berkesan [4].

E-dagang semakin berkembang pesat terutama selepas pandemic COVID-19 yang melanda dunia. Kesibukan di gudang simpanan barang e-dagang platform atas talian seperti Amazon.com, ebay.com, Ali.com dan sebagainya menyaksikan permintaan penggunaan robot automatik untuk menghantar barang-barang dari stor penyimpanan ke stesen pembungkusan semakin meningkat. Robot yang digunakan adalah robot dengan sistem pemacu berbeza, iaitu robot yang bergerak menggunakan dua roda pada kedua-dua belah badannya. Oleh itu, ia boleh menukar arahnya dengan mengubah gerakan relatif dengan memutar rodanya, seterusnya tidak memerlukan pergerakan kemudi tambahan. Terdapat robot jenis ini dalam pasaran yang telah dikomersialkan seperti 'TurtleBot' iaitu kit robot peribadi kos rendah dengan perisian sumber terbuka [5].

Oleh itu, projek ini adalah berkaitan pembangunan prototaip robot penghantar automatik yang menggunakan konsep sama seperti 'TurtleBot' tetapi dengan penambahan beberapa sistem pengesanan padanya, seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**. Robot penghantar ini menggunakan pengimbas pengenalan frekuensi radio (RFID) untuk menentukan lokasi penghantaran/pengambilan barang. Sistem kawalan utamanya menggunakan *Arduino Mega 2560* untuk mengawal pergerakan robot secara automatik berpandukan pengesanan laluan oleh 2 set pengesanan infra-merah (IR) supaya ianya bergerak secara automatik mengikut garisan yang disediakan. Arduino ialah platform elektronik sumber terbuka berdasarkan perkakasan dan perisian yang mudah digunakan. Ia membolehkan robot diprogram mengikut kehendak pengguna dengan lebih mudah [6].

Robot ini juga mempunyai pengesanan ultrasonic yang akan memberi isyarat kepada pengawal motor supaya berhenti jika terdapat halangan di hadapannya. Keunikan pada robot ini ialah ia dilengkapi

system pengecasan semula bateri (penjana DC) menggunakan tenaga kinetik dari putaran pada roda robot.



Rajah 1: Prototaip lengkap robot penghantar automatik menggunakan pengimbas RFID

2. Metodologi Pembangunan Prototaip

Terdapat 3 peringkat dalam pembangunan prototaip robot penghantar automatik iaitu:

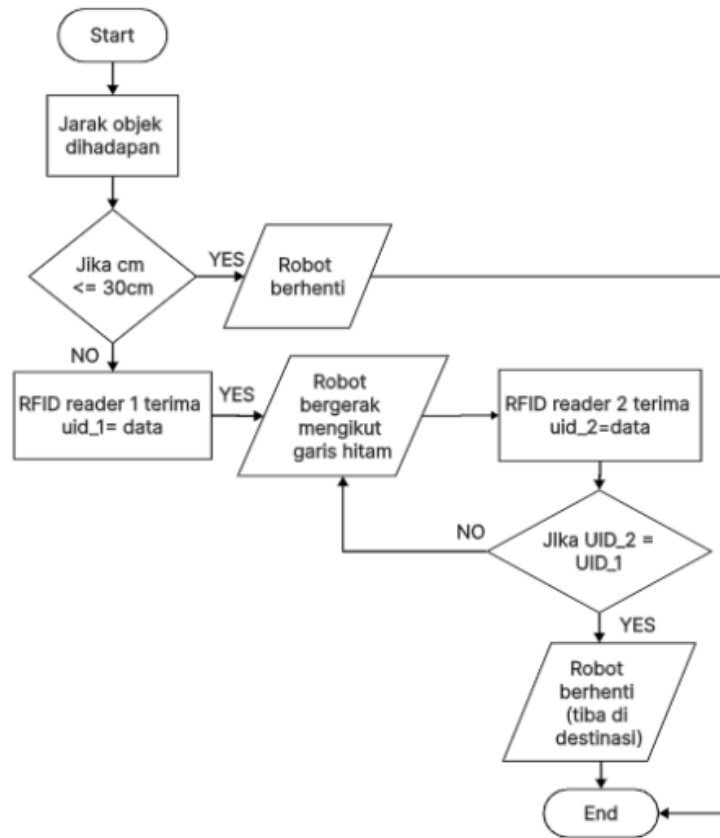
- Merekabentuk prototaip - penghasilan prototaip menggunakan pencetak 3D dan pemasangan litar kawalan.
- Pengujian hasil prototaip.

2.1. Merekabentuk prototaip

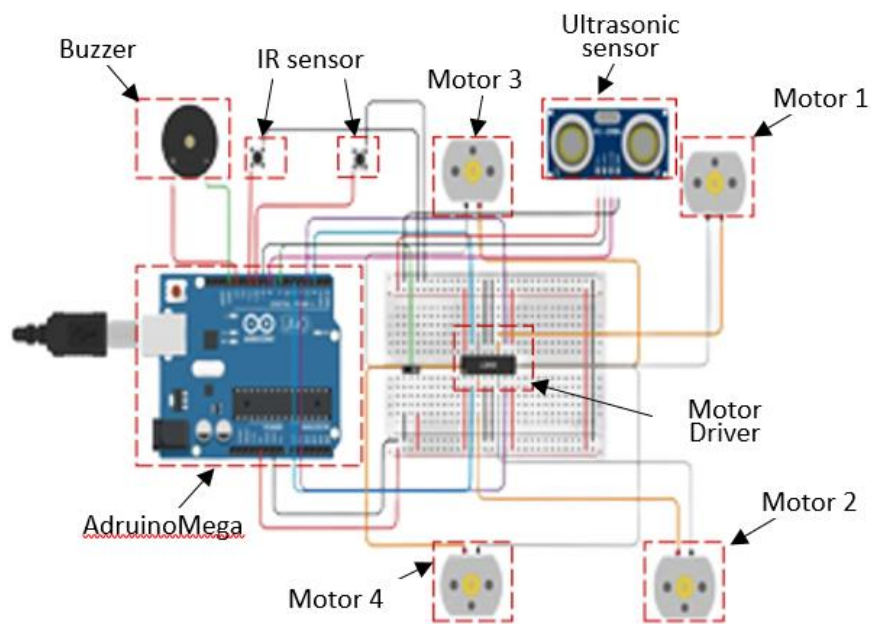
Untuk rekabentuk prototaip bagi projek ini, dua kaedah dilakukan. Kaedah pertama ialah simulasi litar elektronik untuk memastikan komponen kawalan yang terlibat dapat melakukan proses sebagai satu sistem kawalan lengkap. Kaedah kedua adalah dengan merekabentuk rangka bagi badan robot menggunakan perisian model 3D.

2.1.1. Litar Elektronik

Litar pengawal elektronik dipilih berdasarkan pengoperasian robot penghantar automatik seperti carta alir dan simulasi litar elektronik menggunakan perisian Tinkercad seperti dalam **Rajah 2**. Pengesan ultrasonic pada bahagian depan robot akan mengesan objek pada jarak minimum 30cm. Jika tiada halangan, robot akan mula bergerak setelah membaca data tag pengenalan frekuensi radio (RFID) yang diimbas oleh pengguna pada pengimbas di bahagian tepi robot. Setiap tag RFID mempunyai pengecam unik (UID) [8]. Ia menyimpan data tersebut di dalam memori sebagai data UID_1 dan mula bergerak mengikut garisan hitam. Dalam masa yang sama, pengimbas kedua yang berada pada bahagian bawah robot akan mengimbas tag RFID yang diletakkan pada lokasi tertentu disepanjang laluan dan menyimpannya sebagai data UID_2. Jika data RFID 1 sama dengan data RFID 2, robot akan berhenti kerana ia menunjukkan destinasi yang dikehendaki telah sampai. Sekiranya data tidak sama, robot akan terus bergerak mengikut garisan hitam.



(a)

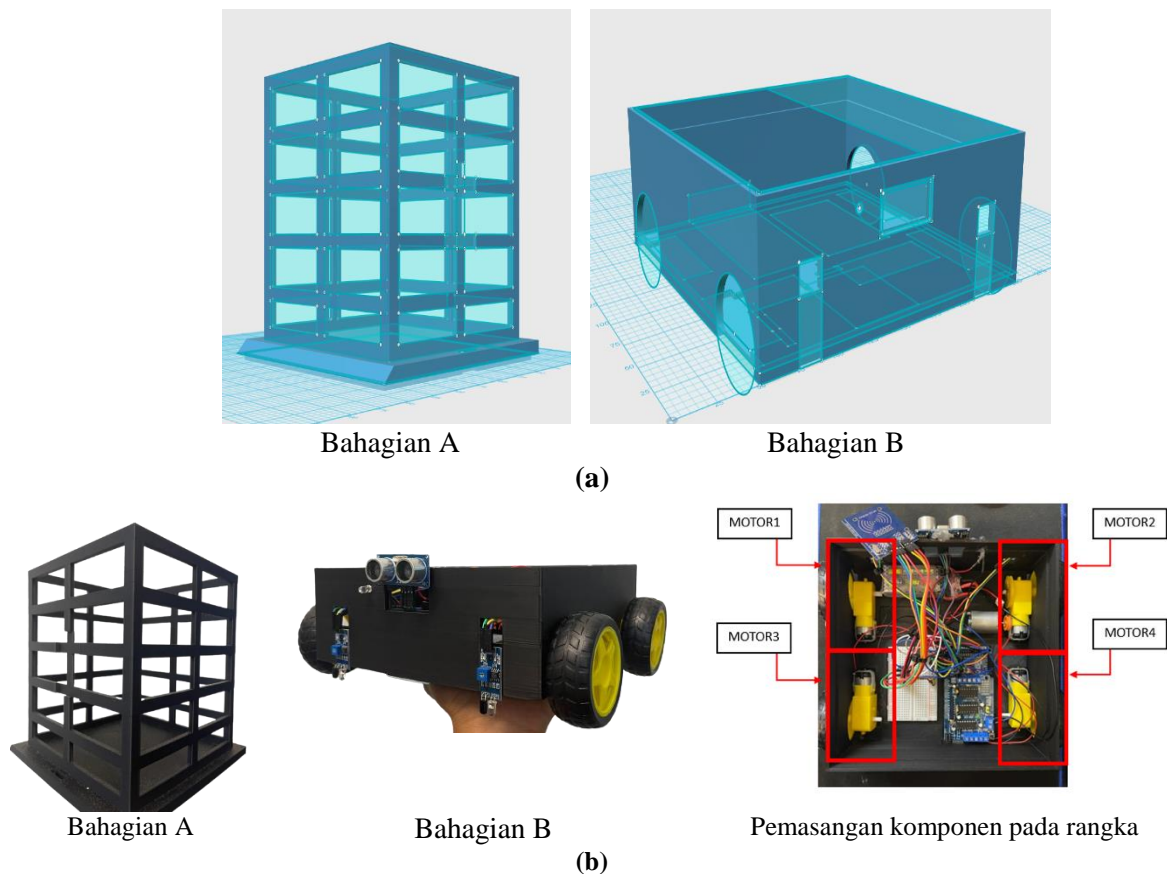


(b)

**Rajah 2: (a) Carta alir pengoperasian robot penghantar automatik
(b) Pengujian litar elektronik menggunakan perisian Tinkercad**

2.1.2. Rekabentuk 3D dan pemasangan prototaip

Rekabentuk bagi projek ini dibuat pada peringkat awal pembangunan prototaip menggunakan perisian Autodesk123D. Perisian ini digunakan kerana ianya mampu mencipta objek fizikal daripada reka bentuk yang telah dibuat menggunakan teknologi percetakan 3D [7]. **Rajah 3(a)** menunjukkan rekabentuk prototaip berskala 1:3 dengan saiz asal robot penghantaran automatik yang sesuai digunakan dalam gudang bagi membawa barangan bersaiz sederhana dan kecil. Terdapat 2 bahagian utama iaitu Bahagian A, iaitu bahagian rangka berbentuk kotak untuk mengisi barangan yang perlu dihantar dan terdapat ruang khas yang akan diletakkan pengimbas RFID 1 bagi memudahkan kad RFID disentuhkan supaya uid data dapat dihantar. Manakala Bahagian B, untuk meletakkan komponen pengawal robot. Ia mempunyai ruang-ruang khas untuk menempatkan sensor dan motor, berfungsi untuk memegang komponen ditempatnya serta sebagai aspek kekemasan sambungan litar komponen elektronik. Pengimbas RFID 2 diletakkan di bahagian bawahnya untuk memudahkan lokasi penghantaran dikesan dan robot ini akan berhenti apabila menerima uid data seperti RFID1 semasa awal proses penghantaran. Setelah proses merekabentuk prototaip, penghasilan prototaip lengkap bagi robot penghantar automatik dilakukan. **Rajah 3(b)** menunjukkan rangka prototaip yang telah siap dicetak menggunakan mesin pencetak 3D. Ia kemudiannya di pasang dengan litar komponen elektronik system kawalan robot.

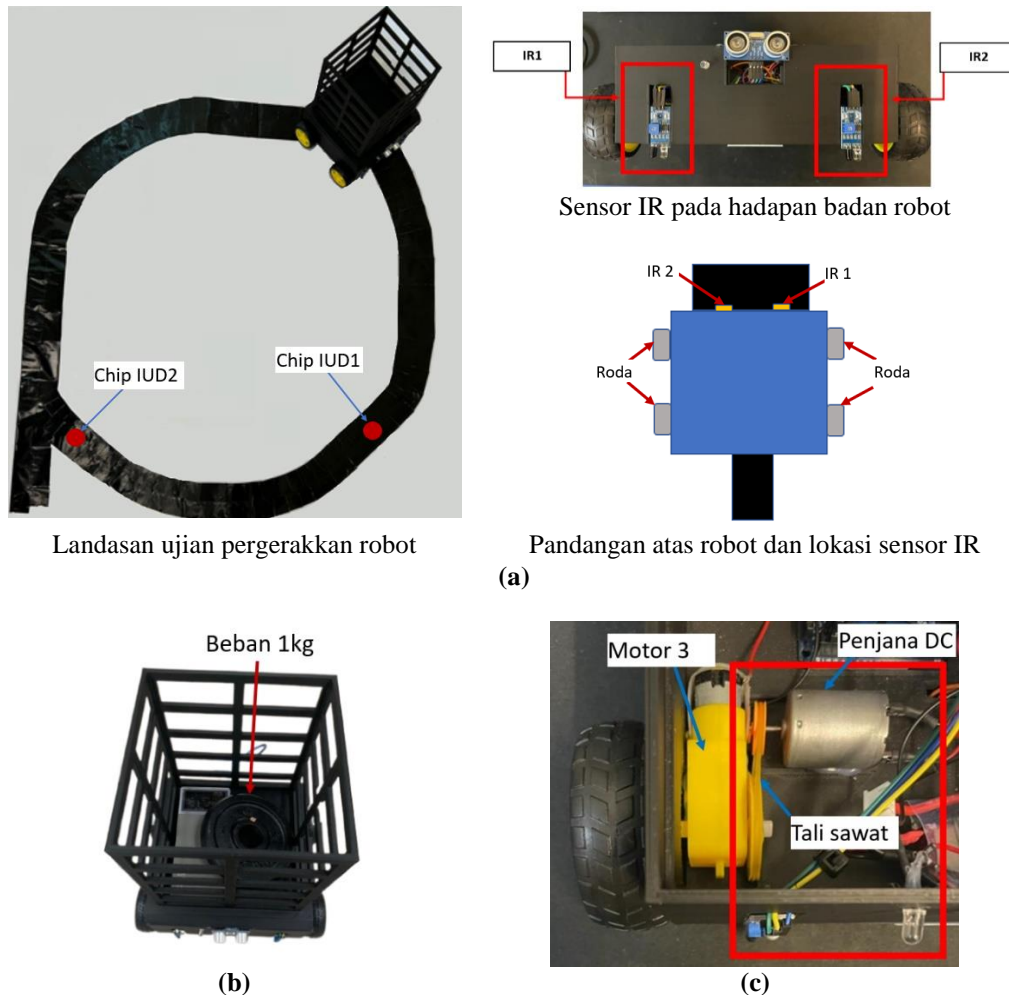


**Rajah 3: (a) Rekabentuk 3D menggunakan perisian Autodesk123D
(b) Hasil rangka prototaip yang telah siap dicetak menggunakan pencetak 3D**

2.2. Pengujian hasil

Prototaip lengkap kemudiannya diuji menggunakan beberapa kaedah yang sesuai iaitu pengujian pergerakan robot, pengujian beban dan pengujian pengecasan bateri. Pengujian pergerakan robot dilakukan dengan untuk memastikan robot penghantar automatik berfungsi dengan sempurna. Landasan berskala kecil dengan beberapa tag UID diletakkan di atasnya bagi menandakan destinasi lokasi, seperti dalam **Rajah 4(a)**. Proses ini dimulakan dengan pengimbas kad UID pada pengimbas RFID 1 yang diletakkan pada Bahagian A rangka robot. Robot akan mula berjalan dan ia sepatutnya berhenti pada lokasi tag UID yang diletakkan atas landasan sekiranya pengimbas RFID 2 (yang diletakkan pada

bawah rangka robot Bahagian B) mengimbas UID data yang sama dengan RFID 1. Sensor infra-merah (IR) pula memastikan robot bergerak mengikut landasan yang disediakan. Terdapat 2 sensor iaitu IR1 diletakkan pada bahagian hadapan-kanan dan IR2 diletakkan pada bahagian hadapan-kiri robot. Untuk memastikan keupayaan beban yang boleh dibawa oleh robot penghantar automatic, pengujian beban dilakukan seperti **Rajah 4(b)**. Beban diletakkan pada rangka Bahagian A dan ditambah setiap 1 kilogram, manakala kelajuan pergerakan robot adalah statik. Ia diulang dengan kelajuan yang berbeza.



Rajah 4: Kaedah pengujian (a) Pengujian pergerakan robot (b) Pengujian beban (c) Bahagian pengecasan bateri

Sistem pengecasan semula bateri pada robot juga diuji untuk mengetahui keupayaan pengecasan. Voltan dan arus diukur menggunakan multimeter dengan kelajuan robot yang berbeza. **Rajah 4(c)** menunjukkan bahagian pengecasan bateri pada robot dimana tali sawat disambung pada salah satu roda dan ia menggerakkan penjana DC yang akan menjana arus terus.

3. Keputusan dan perbincangan

Keputusan pengujian yang dilakukan menentukan keupayaan keseluruhan sistem robot penghantar automatic. Pengujian masa pergerakan robot dilakukan untuk menentukan halaju sebenar robot penghantar. Robot digerakkan pada satu garis lurus berjarak 1.2 meter dan masa yang diambil oleh robot untuk sampai ke hujung garisan diambil dan direkod seperti dalam **Jadual 1**. **Rumus 1** digunakan untuk mengira halaju sebenar robot. Semakin tinggi nilai yang diset pada pengawal Arduino, semakin tinggi halaju pergerakan robot.

Jadual 1: Pengujian halaju robot

Parameter kelajuan motor	Jarak (m)	Masa (s)	Halaju robot (m/s)
150	1.2	2.30	0.52
200	1.2	1.45	0.83
250	1.2	1.25	0.96

$$\text{Halaju (dalam m/s)} = \frac{\text{Jarak (m)}}{\text{Masa (s)}} \quad \text{Rumus 1}$$

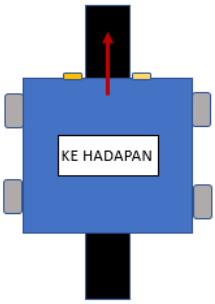
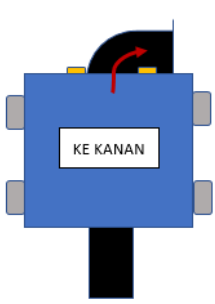
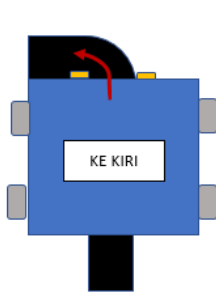
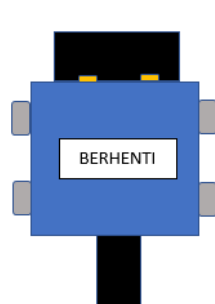
Ujian RFID juga dilakukan untuk mengenalpasti UID data yang terdapat pada kad dan tag RFID, jarak keupayaan pengimbas RFID juga diuji. Robot ini mampu membaca IUD data kad dan tag RFID yang diletakkan pada jarak sekurang-kurangnya 2 cm dengan pengimbas RFID. Data ini kemudiannya dimasukkan dalam kod perisian pengawal Aduino Mega untuk menentukan destinasi penghantaran. Bagi pengujian pergerakan robot, keputusan adalah seperti dalam **Jadual 2**. Ia menunjukkan data dari sensor IR1 dan IR2 yang akan memberi isyarat pada pengawal untuk melakukan pergerakan motor mengikut arah pusingannya yang disambung pada keempat-empat roda robot. Robot hanya akan bergerak apabila parameter kelajuan motor disetkan antara 150 sehingga 250 pada pengkodan Aduino Mega 2560. Bagi nilai kurang dari 150 atau lebih 250, robot tidak dapat bergerak.

Keupayaan sensor ultrasonic juga diuji dan direkod seperti dalam **Jadual 3(a)**. Robot akan berhenti sekiranya ada objek atau halangan dikesan dihadapan robot. Ia bertujuan untuk mengelakkan berlakunya kemalangan di gudang. Jarak maksimum objek yang dapat dikesan oleh sensor ultrasonic yang digunakan adalah sejauh 11.99 meter. Jarak yang disetkan pada robot ini adalah 10 cm dimana buzzer akan berbunyi sekiranya ada halangan dihadapannya dalam lingkungan jarak tersebut. Keupayaan robot membawa beban telah diuji dengan menggunakan kelajuan yang berbeza. Ia diuji sehingga robot tidak dapat bergerak, seperti dalam **Jadual 3(b)**. Didapati semakin tinggi kelajuan motor, semakin berat beban yang boleh dibawa dan pada kelajuan 250 ia dapat membawa beban seberat 4 Kg. Oleh itu kelajuan tersebut digunakan untuk robot ini. Bagi ujian pengecasan bateri, nilai voltan dan arus yang diukur adalah seperti dalam **Jadual 3(c)**. Tahap kebolehjanaan semula bateri dan masa pengecasan dapat dikira menggunakan **Rumus 2** berikut:

$$\text{Kadar pengecasan bateri (dalam jam)} = \frac{\text{Kapasiti bateri(MAh)}}{\text{Arus generator(mA)}} \quad \text{Rumus 2}$$

Jadual 2: Keputusan sensor IR dan pusingan arah motor bagi ujian pergerakan robot;

↑ = Hadapan, ↓ = Belakang, ↻ = arah jam dan ↺ = Lawan jam

				
	LURUS	KE KANAN	KE KIRI	BERHENTI
IR1	OFF	OFF	ON	ON
IR2	OFF	ON	OFF	ON
	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓

Motor 1	↻	↻	↻	↻	↻	↻	OFF	OFF
Motor 2	↻	↻	↻	↻	↻	↻	OFF	OFF
Motor 3	↻	↻	↻	↻	↻	↻	OFF	OFF
Motor 4	↻	↻	↻	↻	↻	↻	OFF	OFF

Jadual 3: Keputusan pengujian; (a) Keupayaan sensor ultrasonic, (b) Kemampuan robot membawa beban dan (c) Kadar pengecasan semula bateri

(a)	
Jarak (cm)	Keputusan
1199	Jarak Maksimum
2	Jarak Minimum
≤ 10	Buzzer berbunyi
> 10	Buzzer tidak berbunyi

(b)	
Parameter kelajuan motor	Beban Maksimum (Kg)
150	2
200	3
250	4
300	5

(c)			
Kelajuan motor	Voltan (V)	Arus (A)	Masa pengecasan bateri (Jam)
150	0.5	0.01	110
200	1.7	0.01	110
250	1.94	0.02	55

Keputusan menunjukkan voltan dan arus yang dapat dijana meningkat dengan peningkatan kelajuan roda robot. Walau bagaimanapun, keupayaan penjana DC yang digunakan menghasilkan arus yang kecil dan ini mengakibatkan masa pengecasan yang perlu diambil adalah agak lama untuk mengecas bateri.

4. Kesimpulan

Prototaip projek ini dapat berfungsi dengan sempurna. Ia menggunakan system RFID untuk menentukan destinasi yang perlu dituju secara automatik dengan mengesan laluannya yang dikawal oleh ArduinoMega2560 melalui isyarat dari dua sensor infra-merah (IR). Ia juga dilengkapi system pengesanan halangan yang menggunakan sensor ultrasonic. Prototaip robot yang dibangunkan dalam projek ini mempunyai ciri unik pengecasan semula bateri menggunakan tenaga kinetik dari pusingan rodanya yang dapat menjimatkan masa dan kos pengecasan. Akan tetapi, system penjanaan DC perlu ditambahbaik kerana kadar pengecasan dalam system ini adalah kecil. Ia boleh dilakukan dengan menambah bilangan penjana DC atau/dan menggunakan penjana yang berkeupayaan lebih tinggi. Dengan penggunaan robot penghantar automatik ini, proses penghantaran dan pengendalian dalam gudang dapat ditingkatkan, mengurangkan kebergantungan terhadap tenaga manusia dan risiko penularan virus. Keseluruhannya, objektif projek ini tercapai iaitu ianya dapat membantu untuk meningkatkan kecekapan dan menangani cabaran dalam operasi gudang, memenuhi keperluan pasaran semasa yang dipengaruhi oleh pandemik dan pembelian atas talian yang meningkat.

Penghargaan

Kajian ini dibiayai oleh Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) melalui Tier 1 (vot Q145).

Rujukan

- [1] Coronavirus Confirmed As Pandemic by World Health Organization. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/news/world-51839944>
- [2] V. Chamola, V. Hassija, V. Gupta and M. Guizani, "A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 90225-90265, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2992341.
- [3] L. Ranieri, S. Digiesi, B. Silvestri and M. Roccotelli, "A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision," *Sustainability*, MDPI, Open Access Journal, vol. 10(3), pp. 1-18, 2018.
- [4] G. Prause, I. Boevsky, "Delivery Robots for Smart Rural Development," *Bulgarian Journal of Agricultural Economics and Management*, vol. 63, No. 4, pp. 57-65, 2018
- [5] D. Singh, E. Trivedi, Y Sharma, V Niranjana. "TurtleBot: Design and hardware component selection," In 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), pp. 805-809, 28 Sept 2018. IEEE.
- [6] M. Keote, T. Choudhari, T. Alone, and A. Ahmad, "Energy-Efficient Automated Guided Vehicle for Warehouse Management System." In *Electronic Systems and Intelligent Computing: Proceedings of ESIC 2021* (pp. 289-301). Singapore: Springer Nature Singapore, 2022.
- [7] J. H. Au, and E. Gertz, "3D CAD with Autodesk 123D: Designing for 3D Printing, Laser Cutting, and Personal Fabrication," *Maker Media, Inc.*, 2015.
- [8] S. Salsabila, M. R. Ramadhan, M. N. G. Iskandar, and S. Dwijayanti, "The Design of Real-Time Location Detection Application on Android for Trans Musi to Help the Use of Trans Musi Bus in Palembang City." *Multidisciplinary Applied Research and Innovation*, 2(3), pp.249-254, 2021.