

Design and Implementation of an Arduino-Based Bluetooth-Controlled Shopping Trolley with Ultrasonic Sensor Integration

Desain dan Implementasi Trolis Belanja dengan Kendali Bluetooth Berbasis Arduino dan Integrasi Sensor Ultrasonik

Muhammad Hanafi^{1*}, Almasri¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

✉ *Corresponding Author: hanafi4090@gmail.com

This article contributes to:



ABSTRACT

Innovation in retail technology continues to evolve, aiming to enhance the shopping experience, particularly for customers with physical limitations. This research focuses on the design and implementation of an automated shopping cart system based on Arduino, controlled via Bluetooth using a smartphone. The system utilizes a Bluetooth HC-05 module for wireless communication, an ultrasonic HC-SR04 sensor for obstacle detection, and a motor driver to ensure smooth cart movement. The control application is developed using MIT App Inventor, offering navigation features such as forward, backward, left, and right turns. The ultrasonic sensor acts as a safety mechanism, detecting obstacles within 15 cm and providing warnings via a buzzer to prevent collisions. Testing results demonstrate high responsiveness and stable control over a distance of up to 10 meters. The findings of this study indicate that the automated shopping cart significantly improves convenience and accessibility, especially for customers with physical limitations, while ensuring a safer and more efficient shopping experience in supermarkets. This innovation presents a significant contribution to enhancing accessibility and operational efficiency in the retail sector.

Keywords: Bluetooth-Controlled Shopping Trolley; Arduino Uno; MIT App Inventor; Ultrasonic Sensor; Accessibility

ABSTRAK

Inovasi dalam teknologi ritel terus berkembang untuk meningkatkan pengalaman berbelanja, terutama bagi pelanggan dengan keterbatasan fisik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *trolis belanja otomatis* berbasis *Arduino* yang dikendalikan melalui *Bluetooth* menggunakan *smartphone*. Sistem ini memanfaatkan modul *Bluetooth HC-05* untuk komunikasi nirkabel, sensor *ultrasonik HC-SR04* untuk deteksi rintangan, dan *driver motor* untuk memastikan pergerakan trolis yang lancar. Aplikasi kontrol dikembangkan menggunakan *MIT App Inventor*, dengan fitur navigasi seperti maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai mekanisme keamanan dengan mendeteksi rintangan pada jarak 15 cm dan memberikan peringatan melalui *buzzer* untuk mencegah tabrakan. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat responsivitas yang tinggi dan stabilitas kontrol yang baik hingga jarak 10 meter. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa trolis belanja otomatis mampu meningkatkan kenyamanan dan aksesibilitas, khususnya bagi pelanggan dengan

keterbatasan fisik, sekaligus memastikan pengalaman berbelanja yang lebih aman dan efisien di lingkungan supermarket. Inovasi ini menawarkan kontribusi signifikan terhadap peningkatan aksesibilitas dan efisiensi operasional di sektor ritel.

Kata kunci: Trolis Belanja Kendali Bluetooth; Arduino Uno; MIT App Inventor; Sensor Ultrasonik; Aksesibilitas

Received: Sep. 17, 2024; **Revised:** Oct. 07, 2024; **Accepted:** Oct. 15, 2024; **Published:** Oct. 31, 2024.

How to Cite: AHanafi, M., & Almasri. (2024). Design and Implementation of an Arduino-Based Bluetooth-Controlled Shopping Trolley with Ultrasonic Sensor Integration. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning (J-HyTEL)*, 2(3), 320–336. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i3.148>

Published by Sagamedia Teknologi Nusantara.

The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations.

© The Author(s) 2024 | This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dunia pasar di Indonesia saat ini ditandai dengan semakin banyaknya area perbelanjaan modern, seperti *supermarket*, yang menawarkan berbagai fasilitas untuk meningkatkan kenyamanan pelanggan saat berbelanja [1]. Salah satu fasilitas penting yang sangat berperan dalam meningkatkan efisiensi belanja adalah *trolis belanja* [2]. Trolis merupakan alat berbentuk kereta dorong yang digunakan untuk membawa barang belanjaan menuju kasir [3]. Penggunaan trolis memudahkan pelanggan dalam membawa dan memindahkan barang dalam jumlah besar sekaligus, sehingga menjadi alat yang sangat esensial di *supermarket* dan toko lainnya.

Namun, *trolis belanja* konvensional yang masih mengandalkan tenaga manusia untuk mendorong, sering kali mengurangi kenyamanan berbelanja, terutama bagi pelanggan dengan keterbatasan fisik [4]. Pengguna trolis harus mengerahkan tenaga untuk mendorong trolis dari satu rak ke rak lain selama berbelanja, yang tidak jarang menimbulkan kelelahan, terutama jika barang yang dibawa cukup banyak. Kondisi ini dapat memberikan pengalaman belanja yang kurang optimal, terutama bagi pelanggan dengan kebutuhan khusus, seperti penyandang disabilitas fisik atau wanita hamil, yang mengalami kesulitan dalam mendorong trolis.

Dalam konteks ini, dibutuhkan inovasi untuk menciptakan *trolis belanja* yang dapat dioperasikan secara otomatis guna meningkatkan kenyamanan dan kemudahan bagi semua pelanggan, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik. *Trolis belanja* yang dikendalikan melalui *Bluetooth* menggunakan *smartphone* dapat menjadi solusi yang tepat. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa hampir semua pelanggan di *supermarket* menggunakan *smartphone* saat berbelanja, baik untuk kebutuhan komunikasi maupun sebagai alat bantu lainnya [5]. Penggunaan *smartphone* sebagai pengontrol *trolis belanja* akan memberikan kemudahan, karena pelanggan tidak lagi harus mendorong trolis secara manual.

Trolis yang dilengkapi dengan teknologi *Bluetooth* dan sensor *ultrasonik* akan memungkinkan trolis untuk mengikuti perintah pengguna melalui aplikasi di *smartphone*. Trolis ini juga dirancang agar dapat mendeteksi keberadaan objek di sekitarnya dan berhenti otomatis saat mendekati objek, berkat sensor *ultrasonik* yang terkoneksi dengan *mikrokontroler Arduino*. Dengan demikian, pelanggan tidak perlu khawatir trolis menabrak objek di sekitarnya, sehingga meningkatkan keamanan dan kenyamanan berbelanja.

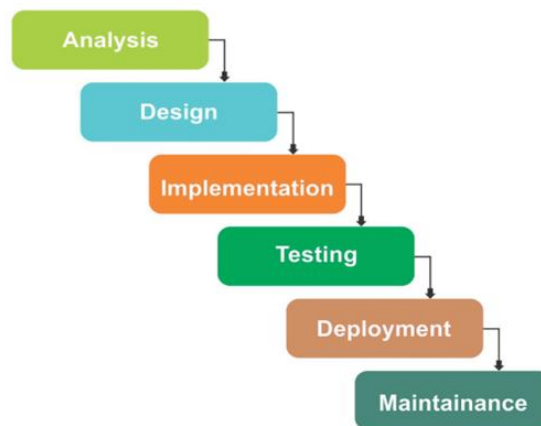
Arduino digunakan sebagai perangkat utama dalam sistem ini. *Arduino* merupakan platform *mikrokontroler open-source* yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari pengembangan perangkat elektronik hingga pengontrol perangkat pintar [6]. Bahasa pemrograman *Arduino IDE* yang digunakan untuk merancang sistem ini mirip dengan bahasa pemrograman *C++*, yang memungkinkan pengembangan sistem yang fleksibel dan terintegrasi [7]. Selain itu, modul *Bluetooth HC-05* digunakan untuk memungkinkan komunikasi nirkabel antara *trolley* dan *smartphone* [8].

Modul *Bluetooth HC-05* mendukung dua mode operasi: *master* dan *slave*. Pada mode *master*, modul dapat mencari dan tersambung dengan perangkat lain, sedangkan pada mode *slave*, modul hanya dapat dikendalikan oleh perangkat *master* [9]. Dengan kombinasi *Arduino* dan modul *Bluetooth*, sistem ini mampu memberikan kendali otomatis dan intuitif bagi pengguna *trolley belanja*, yang dapat dioperasikan langsung dari *smartphone* [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, inovasi ini diharapkan mampu memberikan kemudahan yang lebih baik bagi pelanggan *supermarket* maupun toko-toko lainnya dalam menjalani aktivitas berbelanja, terutama bagi mereka yang membutuhkan kenyamanan ekstra. Dengan pengembangan teknologi ini, *trolley belanja* dapat menjadi lebih ramah pengguna, efisien, dan mendukung pengalaman berbelanja yang lebih baik di masa mendatang.

2. METODE

Metode pengembangan yang digunakan dalam proyek ini adalah metode *waterfall*, yaitu model pengembangan sistem yang progresif dengan proses yang berjalan secara berurutan seperti pada Gambar 1. Setiap tahap dalam metode ini—mulai dari perencanaan, pemodelan, implementasi, hingga pengujian—harus diselesaikan sebelum beralih ke tahap berikutnya [11]. Model ini dipilih karena memberikan pendekatan yang sistematis dan terstruktur, memudahkan dalam pengendalian dan penjadwalan proses pengembangan alat [12].



Gambar 1. Model *Waterfall*

2.1 Analisis Kebutuhan

Langkah awal dalam pengembangan alat ini adalah melakukan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi komponen dan perangkat lunak yang diperlukan [13]. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang mampu memenuhi tujuan dari pembuatan *trolley belanja* berbasis *Bluetooth* yang dikendalikan oleh *Arduino*.

Kebutuhan perangkat keras untuk proyek ini mencakup beberapa komponen utama, yaitu *Arduino Uno* sebagai *mikrokontroler* utama dan Modul *Bluetooth HC-05* untuk memungkinkan konektivitas nirkabel dengan *smartphone*. Sensor *Ultrasonik HCSR04* digunakan untuk mendeteksi objek di sekitar troli, sementara *Buzzer* berfungsi sebagai alat peringatan ketika ada penghalang di depan troli. Sistem ini digerakkan oleh *Motor DC 12V*, yang dikendalikan oleh *Arduino* berdasarkan perintah yang diterima melalui *Bluetooth*. Untuk mendukung konektivitas dan penghubungan antar komponen, digunakan *Kabel jumper*, dan *Baterai 12V* sebagai sumber daya. Terakhir, *Smartphone* berperan penting sebagai alat kontrol untuk mengoperasikan troli melalui aplikasi yang terhubung dengan sistem *Bluetooth*.

Perangkat lunak yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari *Arduino IDE* dan *MIT App Inventor*. *Arduino IDE* digunakan untuk menulis dan mengembangkan kode program yang nantinya akan diunggah ke *Arduino Uno* sebagai *mikrokontroler* utama dalam sistem. Selain itu, *MIT App Inventor* digunakan sebagai aplikasi pada *smartphone* untuk mengendalikan troli secara nirkabel melalui koneksi *Bluetooth*, memungkinkan pengguna untuk memberikan perintah dan mengoperasikan troli dengan mudah dari jarak jauh.

2.2 Desain Sistem

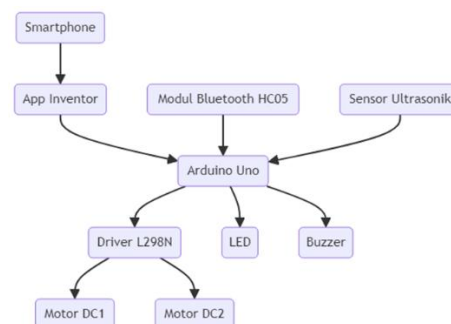
Tahap ini mencakup desain konseptual, desain perangkat keras, dan desain perangkat lunak. Desain dilakukan agar sistem yang dikembangkan dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengguna [14].

2.2.1. Desain Konseptual

Perancangan yang baik sangat penting untuk menghasilkan prototipe yang berkualitas [15]. Desain ini mencakup pemilihan komponen yang tepat, serta perencanaan detail mengenai integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak [16]. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa alat yang dirancang menggunakan komponen yang mudah diakses dan terjangkau, sambil tetap mempertahankan kualitas dan kinerja yang diinginkan [17]. Selain itu, desain ini juga bertujuan untuk memberikan solusi teknis terhadap masalah yang dihadapi, dengan menggabungkan prinsip-prinsip elektronik dan mekanik.

2.2.2. Blok Diagram

Sistem troli belanja berbasis *Arduino Uno* yang dikendalikan melalui *Bluetooth* bekerja melalui tiga tahap utama: input, proses, dan output seperti pada Gambar 2. Pada tahap input, *smartphone* berperan sebagai alat kontrol utama dengan menggunakan aplikasi *MIT App Inventor* yang memungkinkan pengguna untuk mengirimkan perintah ke troli melalui koneksi *Bluetooth*. Modul *Bluetooth HC-05* menerima sinyal nirkabel dari *smartphone* dan meneruskannya ke *Arduino Uno* untuk diproses. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor *ultrasonik* yang bertugas mendeteksi objek di sekitar troli, yang juga mengirimkan data ke *Arduino* untuk dianalisis lebih lanjut.



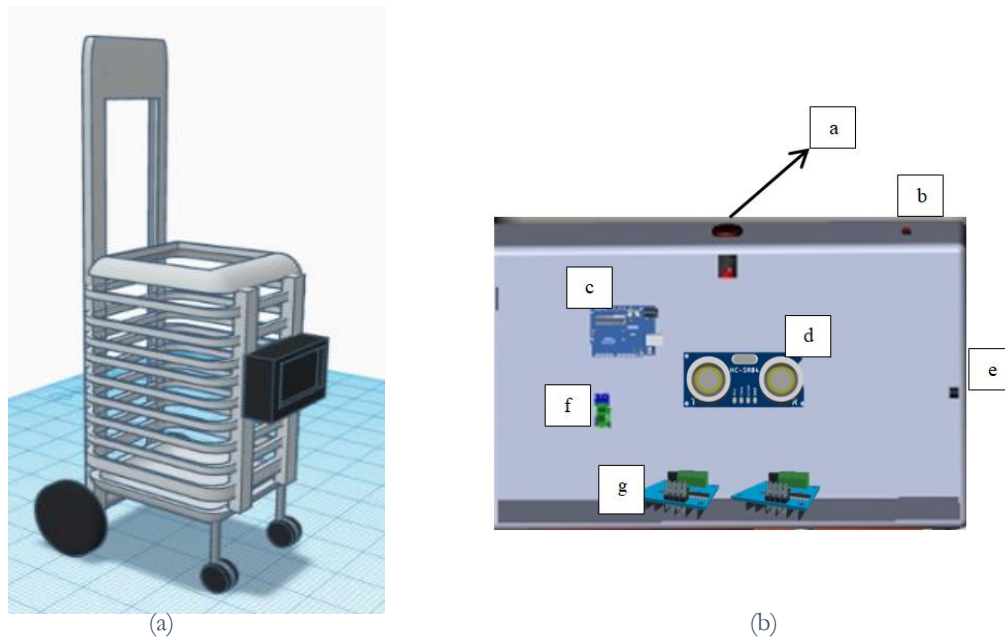
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Pada tahap proses, *Arduino Uno* bertindak sebagai pusat pengendalian utama sistem. *Arduino* menerima data dari modul *Bluetooth* dan sensor *ultrasonik*, lalu memprosesnya berdasarkan program yang telah diunggah sebelumnya. Program ini mengatur keputusan pergerakan troli, baik maju, mundur, atau berhenti, tergantung pada perintah yang dikirim oleh *smartphone* atau berdasarkan deteksi objek dari sensor *ultrasonik*.

Tahap output melibatkan beberapa komponen, yaitu driver *L298N* yang mengontrol dua *motor DC* yang menggerakkan troli. Motor ini mengatur pergerakan troli sesuai dengan instruksi yang diterima dari *Arduino*. Selain itu, *LED* berfungsi sebagai indikator sistem, menunjukkan bahwa troli siap digunakan atau terhubung dengan *Bluetooth*. Terakhir, *buzzer* akan berbunyi sebagai peringatan ketika sensor *ultrasonik* mendeteksi penghalang di depan troli, membantu pengguna menghindari tabrakan. Dengan desain sistem ini, troli dapat dikendalikan secara nirkabel melalui *smartphone*, memberikan pengalaman belanja yang lebih nyaman dan efisien.

2.2.3. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sangat krusial untuk memastikan prototipe bekerja dengan optimal. Dalam tahap ini, setiap komponen diintegrasikan dengan hati-hati untuk meminimalkan kesalahan dan memastikan bahwa alat dapat diuji secara nyata dengan baik [13]. Sistem ini dirancang menggunakan *platform web Tinkercad* untuk memvisualisasikan perancangan troli.



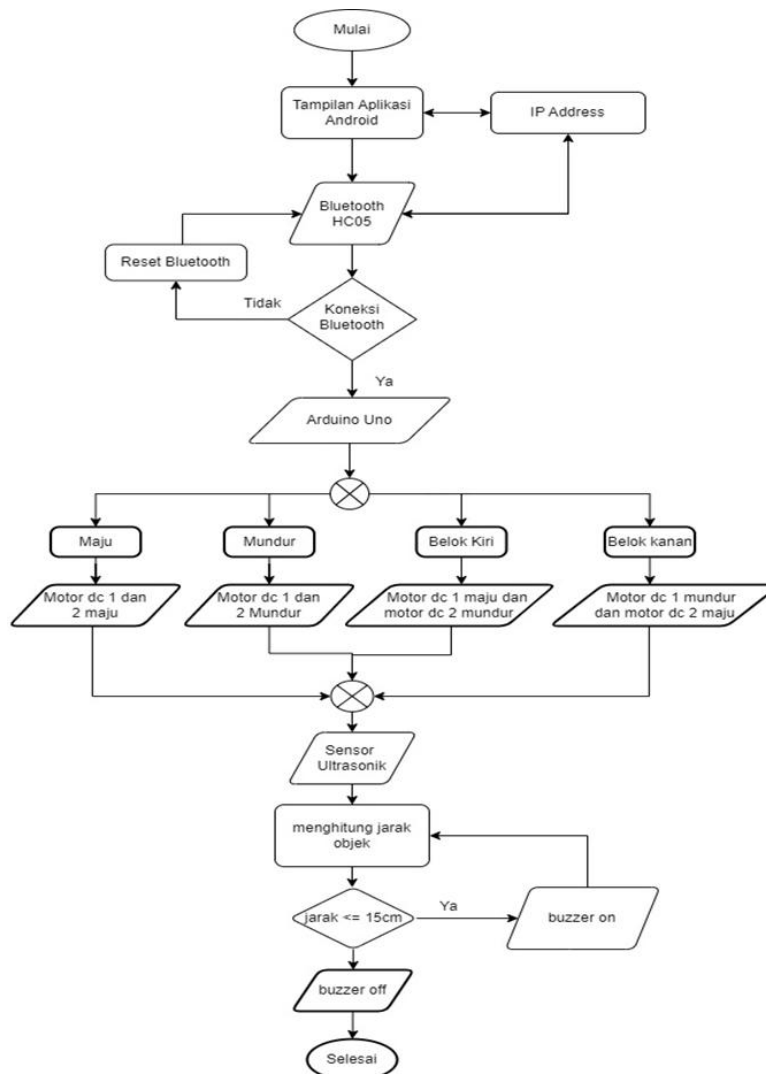
Gambar 3. (a) Rancangan tampak depan miring; (b) Komponen-komponen yang berada dalam kotak

Gambar 3(a) dan **3(b)** menunjukkan rancangan alat dari dua perspektif: (a) tampak depan miring dan (b) susunan komponen-komponen yang berada di dalam kotak. Desain ini mencakup beberapa komponen utama, yaitu tombol *switch* yang berfungsi sebagai pengaktif atau pemutus sistem, serta *LED* yang digunakan sebagai indikator bahwa sistem telah menyala dan siap digunakan. *Arduino* berperan sebagai pusat pengendalian sistem yang menerima dan memproses data dari sensor *ultrasonik*, yang mendeteksi keberadaan objek di depan troli. Selain itu, *buzzer* digunakan untuk memberikan peringatan kepada pengguna ketika sensor *ultrasonik* mendeteksi adanya penghalang. Komunikasi antara troli dan *smartphone* difasilitasi oleh modul *Bluetooth HC-05*, yang memungkinkan pengendalian troli secara nirkabel. Semua komponen ini diatur oleh modul driver *BTS7960*, yang mengontrol kinerja *motor* dan memastikan sistem berfungsi sesuai dengan perintah yang diberikan.

2.2.4. Diagram Alir (Flowchart)

Perancangan perangkat lunak sistem digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 4. Pada langkah *Start*, program dimulai atau dijalankan. Tampilan aplikasi *Android* menunjukkan bahwa aplikasi telah dibuka pada *smartphone* pengguna. Selanjutnya, *Bluetooth HC-05* berperan dalam menghubungkan perangkat melalui alamat IP *Bluetooth*, yang terkoneksi dengan *IP address* pada *smartphone*. Jika koneksi *Bluetooth* tidak terdeteksi, maka program akan terus diulang hingga koneksi terjalin dengan sempurna.

Setelah koneksi *Bluetooth* berhasil, program akan melanjutkan ke langkah berikutnya, yaitu proses kerja *Arduino Uno*. Dalam tahap ini, perintah dari *smartphone* diterima dan diproses. Perintah "maju" berarti kedua *motor DC*, baik kanan maupun kiri, akan berputar ke depan. Sebaliknya, perintah "mundur" akan membuat kedua *motor DC* berputar ke belakang. Jika pengguna memberi perintah untuk belok kiri, *motor DC* kanan akan berputar ke depan, sementara *motor DC* kiri akan berputar ke belakang. Untuk belok kanan, *motor DC* kiri akan berputar ke depan, dan *motor DC* kanan akan berputar ke belakang.

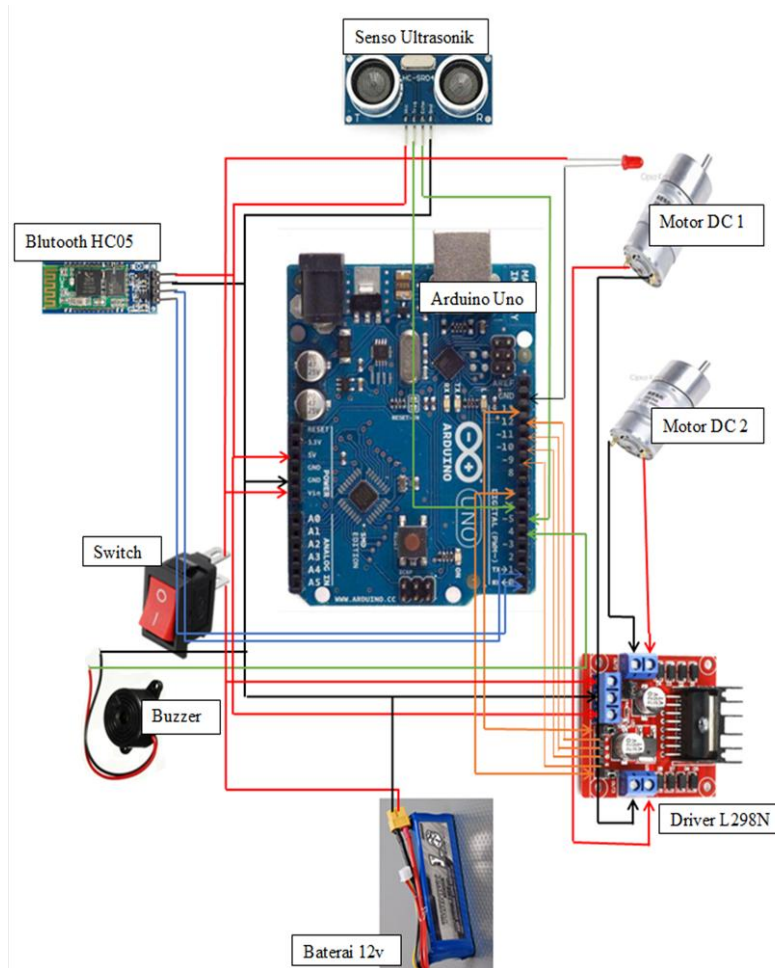


Gambar 4. Flowchart Sistem Kerja

Ketika sensor ultrasonik mendeteksi adanya objek di depan troli, motor DC akan otomatis berhenti, dan *buzzer* akan berbunyi sebagai tanda peringatan kepada pengguna bahwa ada penghalang di depannya. *Flowchart* ini menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan, mulai dari koneksi perangkat hingga eksekusi perintah dan interaksi dengan lingkungan sekitar melalui sensor.

2.3 Implementasi dan Pengujian Unit

Menguraikan alat atau instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data, seperti kuesioner, wawancara, observasi, atau perangkat teknologi tertentu.



Gambar 5. Perancangan Sistem

Koneksi berbagai komponen dalam sistem dirancang sedemikian rupa untuk memastikan interaksi dan komunikasi yang lancar antar perangkat:

- 1) Sensor *ultrasonik* (HC-SR04) terhubung ke *Arduino* dengan konfigurasi sebagai berikut: pin VCC dihubungkan ke pin 5V pada *Arduino* untuk suplai daya, pin GND ke GND *Arduino*, pin Trig ke pin analog 6, dan pin Echo ke pin analog 5. Ini memungkinkan sensor mendeteksi objek di sekitar troli dan mengirimkan data ke *mikrokontroler*.

- 2) Modul *Bluetooth HC-05* terhubung ke *Arduino* dengan pin VCC tersambung ke pin 3.3V untuk daya, GND ke GND, sementara pin RX dari modul dihubungkan ke TX *Arduino* dan pin TX modul ke RX *Arduino*, memungkinkan komunikasi dua arah antara *smartphone* dan troli.
- 3) Untuk *LED*, koneksi dilakukan dengan pin VCC *LED* dihubungkan ke *switch* sebagai sumber daya, dan GND ke pin GND *Arduino*. *LED* berfungsi sebagai indikator bahwa sistem telah menyala dan siap digunakan.
- 4) Modul driver *BTS7960*, yang bertugas mengontrol *motor DC*, memiliki beberapa koneksi. Pin VCC dihubungkan ke pin 5V pada *Arduino*, dan GND ke GND *Arduino*. Pin input modul dihubungkan ke pin analog pada *Arduino*: pin input out 1 terhubung ke pin analog 13, pin input out 2 ke pin analog 12, pin input out 3 ke pin analog 11, dan pin input out 4 ke pin analog 10.
- 5) ENB1 dihubungkan ke pin analog 7, sementara ENB2 ke pin analog 9. Pin output 1 dan 2 modul terhubung ke terminal positif dan negatif dari *motor DC* pertama, sedangkan pin output 3 dan 4 terhubung ke terminal *motor DC* kedua.
- 6) *Buzzer*, yang memberikan sinyal peringatan, dihubungkan dengan pin VCC ke pin analog 4 dan GND ke GND *Arduino*.
- 7) Terakhir, *baterai LiPo* yang menyediakan sumber daya untuk seluruh sistem, dihubungkan dengan VCC ke pin Vin pada *Arduino* dan GND ke GND untuk menyuplai daya yang stabil ke semua komponen. Dengan koneksi yang diatur sedemikian rupa, sistem dapat berfungsi secara optimal dan sesuai dengan perintah yang diterima melalui aplikasi kontrol di *smartphone*.

2.4 Operasi dan Pemeliharaan

Bagian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem tetap beroperasi secara optimal dan dapat terus memenuhi kebutuhan pengguna serta organisasi yang menggunakannya. Karena sistem ini dikembangkan menggunakan model *waterfall* yang bersifat linier, tahap operasional dan pemeliharaan dilakukan setelah semua tahap pengembangan selesai [18]. Dalam hal ini, penting untuk melakukan pengecekan berkala terhadap *motor driver L298N* guna memastikan bahwa komponen tidak mengalami panas berlebih, yang dapat memperpendek masa pakainya. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara terus-menerus, sehingga perawatan rutin sangat diperlukan guna mencegah kerusakan atau malfungsi yang dapat mengganggu operasional sistem [19]. Dengan melakukan pemeliharaan yang tepat dan teratur, seperti pengecekan suhu komponen, penggantian komponen yang mengalami penurunan kinerja, serta pengawasan kondisi sistem secara keseluruhan, diharapkan sistem dapat berfungsi dengan baik dalam jangka panjang dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal.

3. HASIL

Bagian ini menjelaskan pengujian dan analisis untuk menentukan apakah perangkat keras dan perangkat lunak berfungsi dengan baik sesuai dengan desain sistem [20]. Tujuan dari hasil dan analisis ini adalah untuk menguji kinerja komponen-komponen yang terdapat pada sistem troli belanja yang dikendalikan melalui *Bluetooth* berbasis *Arduino*.

3.1. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Hasil perancangan Troli Belanja dengan Kendali Bluetooth Berbasis *Arduino* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Fisik Alat

Troli belanja yang telah selesai dirakit dilengkapi dengan motor *DC* yang dipasang pada roda belakang. Motor *DC* ini digabungkan dengan roda melalui bantuan cetakan 3D (*3D print*) yang berfungsi untuk memperkuat posisi motor dan mencegahnya terlepas dari troli. Selain itu, terdapat kotak yang berisi komponen-komponen utama, seperti *Arduino Uno*, *driver L298N*, modul *Bluetooth*, dan sensor ultrasonik, yang semuanya terhubung untuk memastikan fungsi troli dapat berjalan dengan baik.

3.1.1. Pengujian Rangkaian Input

Pengujian rangkaian input yaitu pada komponen modul *Bluetooth*

1) Pengujian *Bluetooth HC05*

Modul *Bluetooth HC-05* memerlukan tegangan input sebesar 5V dan ground untuk beroperasi. Pada modul ini, pin *TX* dan *RX* digunakan untuk komunikasi serial dengan *Arduino*, yang dihubungkan ke pin 0 dan pin 1 *Arduino*. Pengujian dilakukan untuk mengukur tegangan pada pin *TX* dan *RX*, dan hasilnya ditampilkan pada [Tabel 1](#) berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Modul *Bluetooth HC-05*

Alat yang diukur	Pin yang diukur	Tegangan yang terukur	Keterangan
<i>Bluetooth HC05</i>	Pin TX	5V	Modul bekerja
	Pin RX	5V	

Berdasarkan hasil pengukuran pada [Tabel 1](#), diketahui bahwa tegangan yang terukur pada pin *TX* dan *RX* adalah sekitar 5V, menunjukkan bahwa modul *Bluetooth HC-05* berfungsi dengan baik.

2) Pengujian Sensor *Ultrasonik HC-SR04*

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dan *buzzer* bekerja dengan baik. Uji coba dilakukan dengan menetapkan jarak deteksi sensor untuk menentukan seberapa jauh sensor ultrasonik dapat mendeteksi benda atau objek di depannya. Sensor ultrasonik memainkan peran penting dalam memastikan trolis mendeteksi penghalang di jalurnya. Ketika objek terdeteksi pada jarak kurang dari 15 cm, *buzzer* akan berbunyi sebagai peringatan. Hasil pengujian ditunjukkan pada [Tabel 2](#).

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Deteksi sensor ultrasonik	Jarak < 15cm	Keterangan	Buzzer
1	Sensor ultrasonik	< 15cm	Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali	on
2	Sensor ultrasonik	> 15cm	Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali	off

Dari hasil uji coba pada sensor ultrasonik dan *buzzer*, dapat disimpulkan bahwa ketika sensor mendeteksi objek pada jarak kurang dari 15 cm, *buzzer* akan menyala (on). Sebaliknya, jika sensor tidak mendeteksi objek dalam jarak tersebut, *buzzer* akan mati (off).

3) Pengujian rangkaian proses

Rangkaian proses pada sistem ini diatur oleh komponen *Arduino Uno* yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali sistem. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan *Vin* dan pin yang digunakan pada *Arduino*. Hasil pengujian dirangkum dalam [Tabel 3](#).

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan *Arduino Uno*

Alat yang diukur	Pin yang diukur	Tegangan yang terukur	Keterangan
<i>Arduino</i>	<i>Vin</i>	5V	Kondisi hidup
	5V	5V	Tegangan kerja

Berdasarkan hasil pengujian, tegangan input ke *Arduino* diperoleh dari baterai 9V, dan tegangan kerja dari *Arduino* adalah 5V, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja dalam kondisi optimal.

3.2. Pengujian Rangkaian Output

3.2.1. Pengujian *Driver L298N*

Pengujian *driver L298N* dilakukan dengan cara mengukur tegangan input dan output untuk memastikan kinerja yang optimal. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan pin input 1, 2, 3, dan 4 serta pin *enable* 1 dan 2 pada *multimeter*. Positif *multimeter* dihubungkan ke masing-masing pin, sedangkan negatif *multimeter* dihubungkan ke *ground*. Hasil pengujian ini dirangkum dalam [Tabel 4](#), yang menunjukkan bahwa setiap pin mendapatkan tegangan kerja yang mendekati 4.6V hingga 4.8V, menandakan bahwa *driver* bekerja sesuai dengan spesifikasinya.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Driver L298N*

Alat yang diukur	Pin yang diukur	Tegangan yang terukur	Keterangan
<i>L298N</i>	Pin input 1	4.8V	Kondisi hidup
	Pin input 2	4.6V	Tegangan kerja
	Pin input 3	4.6V	Tegangan kerja

	Pin input 4	4.8V	Tegangan kerja
	Pin enable 1	4.6V	Tegangan kerja
	Pin enable 2	4.6V	Tegangan kerja

Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa tegangan yang diperoleh pada pin input dan pin enable menunjukkan bahwa *driver* beroperasi dalam kondisi normal dengan tegangan stabil sekitar 4.6V hingga 4.8V. Tegangan ini menunjukkan bahwa *L298N* menerima input yang sesuai dan siap untuk menggerakkan motor atau perangkat lain yang terhubung, sesuai dengan spesifikasi tegangan kerjanya.

3.2.2. Pengujian Motor DC

Pengujian motor DC dilakukan untuk memeriksa apakah putaran motor sesuai dengan pergerakan troli yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan dengan menulis program yang diunggah ke *Arduino Uno*, yang memerintahkan motor untuk bergerak maju, mundur, serta berbelok ke kanan dan kiri. Hasil pengujian motor DC dirangkum dalam [Tabel 5](#).

Tabel 5. Pengujian Motor DC

Troli Belanja	Putaran Motor DC		Keterangan Hasil
	Motor DC kanan	Motor DC kiri	
Maju	Putaran kedepan	Putaran kedepan	Sesuai
Mundur	Putaran kebelakang	Putaran kebelakang	Sesuai
Kanan	putaran kebelakang	Putaran kedepan	Sesuai
Kiri	Putaran kedepan	Putaran kebelakang	Sesuai
Berhenti	Diam	Diam	sesuai

Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pergerakan troli belanja sesuai dengan perintah yang diberikan. Ketika troli maju, kedua motor berputar ke depan. Ketika troli mundur, kedua motor berputar ke belakang. Saat berbelok ke kanan, motor kanan berputar ke belakang dan motor kiri berputar ke depan, dan sebaliknya ketika berbelok ke kiri. Jika troli berhenti, kedua motor berhenti berputar.

3.2.3. Pengujian *Buzzer*

Pengujian *buzzer* dilakukan untuk memverifikasi bahwa *buzzer* berfungsi saat sensor ultrasonik mendeteksi objek dalam jarak tertentu. Pada pengujian ini, objek diletakkan di depan sensor ultrasonik pada jarak 0 hingga 15 cm, yang diukur menggunakan penggaris. *Buzzer* berperan sebagai indikator yang berbunyi ketika objek terdeteksi pada jarak yang ditentukan oleh sensor ultrasonik. Hasil pengujian *buzzer* ditampilkan pada [Tabel 6](#).

Tabel 6. Pengujian *Buzzer*

Jarak (cm)	Banyak percobaan (kali)	Kondisi Buzzer	Hasil
0 sampai 5	5	Berbunyi	Sesuai
6 sampai 10	5	Berbunyi	Sesuai
11 sampai 15	5	Berbunyi	Sesuai
16 sampai 20	5	Tidak berbunyi	Sesuai

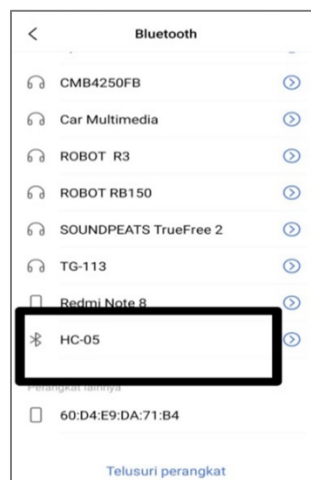
Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa *buzzer* akan berbunyi ketika objek terdeteksi dalam jarak 0 hingga 15 cm. Jika jarak objek lebih dari 15 cm, *buzzer* tidak akan berbunyi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem sensor ultrasonik dan *buzzer* bekerja sesuai dengan desain.

3.3. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak terdiri dari dua tahap, yaitu pengujian aplikasi *MIT App Inventor* dan pengujian program mikrokontroler. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem perangkat lunak, baik pada aplikasi maupun mikrokontroler, berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dalam mengontrol trolis belanja secara nirkabel.

3.3.1. Pengujian *MIT App Inventor*

MIT App Inventor digunakan untuk merancang aplikasi *Android* yang berfungsi mengirimkan perintah kontrol ke mikrokontroler melalui koneksi *Bluetooth*. Aplikasi ini memiliki beberapa tombol kendali, termasuk tombol untuk menghubungkan *Bluetooth*, serta tombol panah atas, bawah, kiri, dan kanan yang digunakan untuk mengontrol pergerakan roda trolis. Pada Gambar 7, terlihat bahwa perangkat telah berhasil mendeteksi modul *Bluetooth HC-05* dan terhubung dengan aplikasi *MIT App Inventor*.



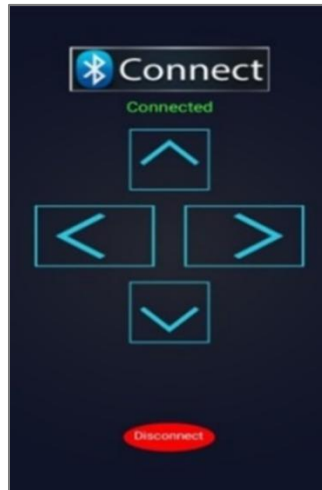
Gambar 7. Scanning *Bluetooth*

Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa modul *Bluetooth HC-05* berhasil terhubung dengan aplikasi *MIT App Inventor* di *smartphone*, dan modul tersebut berfungsi dengan baik tanpa adanya gangguan pada koneksi. Setelah aplikasi berhasil mendeteksi dan terhubung ke modul *Bluetooth*, antarmuka aplikasi memungkinkan pengguna untuk mengontrol berbagai pergerakan trolis secara nirkabel. Aplikasi ini dirancang untuk memberikan perintah secara langsung kepada trolis, seperti maju, mundur, belok kiri, atau belok kanan, melalui tombol kontrol yang disediakan.

3.3.2. Pengujian Koneksi *Bluetooth*

Koneksi *Bluetooth* diuji dalam beberapa kondisi jarak, dan modul *HC-05* mampu mempertahankan koneksi stabil hingga jarak 10 meter tanpa kehilangan sinyal. Hal ini menunjukkan bahwa konektivitas nirkabel yang diberikan

oleh modul ini cukup kuat dan dapat diandalkan untuk penggunaan di area perbelanjaan yang lebih luas. Selain itu, tidak ada latensi atau penundaan yang signifikan dalam merespons perintah dari aplikasi, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja secara responsif dan efisien.



Gambar 8. Module *Bluetooth* Tersambung

Gambar 8 menunjukkan antarmuka aplikasi *MIT App Inventor* setelah modul *Bluetooth HC-05* berhasil tersambung. Aplikasi ini menampilkan beberapa tombol kontrol yang intuitif dan mudah digunakan. Di antaranya terdapat tombol panah yang berfungsi untuk menggerakkan troli ke berbagai arah, termasuk maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan. Selain itu, terdapat indikator status koneksi *Bluetooth* yang menunjukkan apakah troli terhubung dengan benar ke aplikasi. Ketika troli menerima perintah dari aplikasi, pengguna akan mendapatkan respons visual berupa pergerakan troli sesuai dengan tombol yang ditekan.

Fitur tambahan yang diterapkan dalam aplikasi ini termasuk tombol "*Stop*" yang memungkinkan troli berhenti dengan cepat ketika diinginkan. Pengujian ini menunjukkan bahwa antarmuka aplikasi telah dioptimalkan untuk memberikan pengalaman pengguna yang baik dan mudah digunakan, terutama dalam skenario lingkungan belanja yang dinamis. Aplikasi ini juga dapat diintegrasikan dengan sensor ultrasonik untuk menghentikan troli secara otomatis jika ada objek yang menghalangi, sehingga meningkatkan aspek keamanan dan kenyamanan saat digunakan. Dengan demikian, pengujian ini membuktikan bahwa aplikasi *MIT App Inventor* dan modul *Bluetooth HC-05* bekerja dengan baik dalam mengontrol troli, memberikan kontrol penuh kepada pengguna untuk manuver troli secara nirkabel di area perbelanjaan.

4. PEMBAHASAN

Dalam pengembangan sistem troli belanja dengan kendali *Bluetooth* berbasis *Arduino*, beberapa aspek penting telah dievaluasi untuk memastikan kinerja dan fungsionalitas sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat keras yang digunakan, termasuk modul *Bluetooth HC-05*, sensor ultrasonik *HC-SR04*, motor *DC*, dan *buzzer*, beroperasi dengan baik dalam lingkungan nyata.

4.1 Kinerja Modul Bluetooth

Modul *Bluetooth HC-05* adalah salah satu komponen krusial dalam sistem troli belanja ini, berfungsi sebagai penghubung antara aplikasi pengendali dan troli itu sendiri. Kemampuan modul ini untuk mempertahankan koneksi yang stabil hingga jarak 10 meter merupakan aspek penting yang mendukung fungsionalitas dan kenyamanan pengguna. Kestabilan koneksi Bluetooth sangat mempengaruhi performa keseluruhan sistem. Dalam pengujian yang dilakukan, modul ini berhasil menunjukkan performa yang konsisten dengan latensi yang minimal. Koneksi yang stabil memungkinkan pengguna untuk mengendalikan troli dengan akurat tanpa adanya gangguan, seperti kehilangan sinyal atau pemutusan yang tidak terduga. Hal ini sangat penting dalam konteks penggunaan troli di area perbelanjaan yang sering kali ramai dan dinamis.

Dengan kemampuan jangkauan hingga 10 meter, pengguna dapat dengan mudah mengendalikan troli dari jarak yang cukup jauh, yang memberikan fleksibilitas dalam pengoperasian. Misalnya, saat pengguna berada di belakang troli, mereka masih dapat mengarahkan dan mengontrol pergerakan troli tanpa harus mendekat secara fisik. Ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga memungkinkan pengguna untuk melihat lebih luas ke area sekitar tanpa harus berada di dekat troli.

Walaupun modul *Bluetooth HC-05* menunjukkan kinerja yang baik, ada beberapa tantangan yang perlu diperhatikan, seperti potensi interferensi dari perangkat *Bluetooth* lain di sekitar, yang dapat mempengaruhi kestabilan koneksi. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan uji coba di berbagai lingkungan untuk memastikan kinerja modul di lokasi yang berbeda. Selain itu, penggunaan teknik pengkodean yang efisien dalam aplikasi pengendali dapat mengurangi kemungkinan keterlambatan dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan.

4.2 Efektivitas Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik *HC-SR04* adalah komponen vital dalam sistem troli belanja, berfungsi untuk mendeteksi objek di sekitarnya dan memberikan peringatan kepada pengguna serta sistem kontrol. Dengan kemampuan mendeteksi objek pada jarak maksimum 15 cm, sensor ini memainkan peran penting dalam meningkatkan keamanan operasional troli, terutama di area perbelanjaan yang ramai [7].

Pengujian menunjukkan bahwa sensor *HC-SR04* dapat mendeteksi penghalang dengan akurat dan cepat. Sensor ini bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek di sekitarnya. Waktu yang diperlukan untuk gelombang suara kembali dihitung untuk menentukan jarak objek. Akurasi dalam mendeteksi jarak ini sangat penting untuk memastikan bahwa troli dapat merespons dengan tepat terhadap keberadaan penghalang, sehingga mengurangi risiko tabrakan yang dapat menyebabkan kerusakan pada troli atau barang belanjaan. Namun, ada beberapa tantangan yang mungkin dihadapi, seperti keterbatasan dalam mendeteksi objek yang sangat kecil atau tidak stabil. Selain itu, sensor ini mungkin tidak berfungsi optimal dalam kondisi pencahayaan tertentu atau saat terkena suara bising. Untuk mengatasi hal ini, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut di berbagai kondisi lingkungan dan mempertimbangkan penggunaan sensor tambahan, seperti sensor inframerah, untuk meningkatkan akurasi deteksi.

4.3 Responsivitas Aplikasi

Aplikasi yang dikembangkan menggunakan *MIT App Inventor* memainkan peran krusial dalam interaksi antara pengguna dan troli belanja. Dengan antarmuka yang intuitif dan kemudahan penggunaan, aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan troli dengan efisien dan responsif. Responsivitas aplikasi tidak hanya penting untuk pengoperasian yang baik, tetapi juga berpengaruh langsung terhadap pengalaman pengguna. Aplikasi ini terintegrasi dengan baik dengan komponen perangkat keras lainnya, seperti modul

Bluetooth dan *Arduino*. Pengguna dapat dengan mudah menghubungkan aplikasi ke troli dan mulai mengendalikan sistem tanpa proses yang rumit. Pemrograman yang efisien pada aplikasi juga memastikan bahwa data dari troli dapat dikirim dan diterima dengan cepat, yang meningkatkan kinerja keseluruhan sistem. Koneksi yang kuat antara aplikasi dan perangkat keras membantu meminimalkan potensi masalah yang dapat muncul, seperti kehilangan sinyal atau keterlambatan komunikasi [19].

4.4 Fitur Keamanan

Sistem ini dilengkapi dengan fitur keamanan tambahan yang mengintegrasikan sensor ultrasonik. Ketika sensor mendeteksi penghalang, troli akan berhenti secara otomatis, mencegah kemungkinan kecelakaan. Fitur ini memberikan nilai tambah yang signifikan, terutama di area perbelanjaan yang sibuk, di mana pengguna sering kali tidak menyadari keberadaan penghalang di sekitar mereka.

Meskipun fitur keamanan ini sangat bermanfaat, beberapa tantangan mungkin muncul. Sensor ultrasonik mungkin tidak selalu dapat mendeteksi objek yang sangat kecil atau objek dengan permukaan yang menyerap suara, seperti tas belanja. Oleh karena itu, disarankan untuk mengeksplorasi integrasi sensor tambahan, seperti sensor inframerah, untuk meningkatkan akurasi dan keandalan deteksi. Selain itu, penting untuk terus melakukan pengujian di berbagai lingkungan untuk memastikan efektivitas fitur keamanan ini di berbagai situasi berbelanja.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem troli belanja dengan kendali Bluetooth berbasis *Arduino* berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Komponen perangkat keras, termasuk modul Bluetooth *HC-05*, sensor ultrasonik *HC-SR04*, motor DC, dan buzzer, berfungsi dengan optimal, dengan modul Bluetooth menjaga koneksi stabil hingga jarak 10 meter dan sensor ultrasonik mendeteksi objek hingga 15 cm. Aplikasi yang dikembangkan menggunakan *MIT App Inventor* memungkinkan pengguna mengontrol troli secara nirkabel dengan respons cepat, sementara fitur keamanan dari sensor ultrasonik mencegah tabrakan dengan menghentikan troli otomatis saat ada penghalang, menjadikannya cocok untuk area perbelanjaan yang sibuk. Untuk meningkatkan sistem, disarankan melakukan pengujian di berbagai lingkungan untuk memastikan performa yang konsisten, menambahkan sensor inframerah untuk meningkatkan deteksi objek, serta memastikan aplikasi kompatibel di berbagai perangkat *smartphone*. Selain itu, penambahan tutorial dalam aplikasi dapat membantu pengguna baru memahami cara pengoperasian troli dengan lebih cepat, dan perbaikan pada desain serta penempatan sensor diharapkan dapat meningkatkan efektivitas deteksi. Dengan menerapkan rekomendasi ini, diharapkan troli belanja ini dapat lebih baik memenuhi kebutuhan pengguna dan meningkatkan pengalaman berbelanja secara keseluruhan.

DECLARATIONS

Author's Contributions

Muhammad Hanafi: Conceptualization, Methodology, Software, Data curation, Formal analysis, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing. **Almasri:** Supervision. All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Competing Interestss

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

REFERENCES

- [1] A. E. K. A. Kurniawan, “Strategi meningkatkan konsumen berbelanja di Transmart Kalirungkut Surabaya,” STIE Mahardhika Surabaya, 2019. [Online]. Available: <http://repository.stiemahardhika.ac.id/id/eprint/2001>
- [2] J. S. Awati and S. B. Awati, “Smart Trolley in Mega Mall,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 474–477, 2012, doi: [10.1109/ICCCNT56998.2023.10306372](https://doi.org/10.1109/ICCCNT56998.2023.10306372).
- [3] G. Elumalai, M. D. Manigandan, D. Selvaraj, and U. Maheswaran, “An IoT Based Arduino-Nano Driven Smart Shopping Cart,” in *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, pp. 1–7, 2023, doi: [10.1109/ICCCNT56998.2023.10306372](https://doi.org/10.1109/ICCCNT56998.2023.10306372).
- [4] X. Wu, T. Wang, S. Zhang, and S. Wu, “The Utility Model Relates to a Structure Design of a Drawbar Trolley with a Telescopic Stool,” *Int. J. Mech. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 121–129, 2024, doi: [10.62051/ijmee.v2n1.15](https://doi.org/10.62051/ijmee.v2n1.15).
- [5] D. Y. Priyanggodo, “Pemanfaatan GPS Sebagai Sarana Mendapatkan Pertolongan Ketika dalam Kondisi Bahaya dengan Algoritma Divide and Conquer untuk Menentukan Lokasi Terdekat,” *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 3, no. 1, 2019, doi: [10.31000/jika.v3i1.2040](https://doi.org/10.31000/jika.v3i1.2040).
- [6] T. W. von Zuben, A. G. Salles Jr, and J. A. Bonacin, “Low-cost open-source potentiostats: A comprehensive review of DIY solutions and fundamental concepts of electronics and its integration with electrochemistry,” *Electrochim. Acta*, p. 144619, 2024, doi: [10.1016/j.electacta.2024.144619](https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.144619).
- [7] I. P. G. M. P. Wiratmo, A. E. Kristiyono, and A. Puspitacandri, “Rancang Bangun Safety Device pada Conveyor Menggunakan Arduino Mega,” *Ocean Eng. J. Ilmu Tek. dan Teknol. Marit.*, vol. 3, no. 3, pp. 133–153, 2024, doi: [10.58192/ocean.v3i3.2525](https://doi.org/10.58192/ocean.v3i3.2525).
- [8] Z. Lubis, L. A. Saputra, H. N. Winata, S. Annisa, A. Muhazzir, and M. S. Wahyuni, “Kontrol mesin air otomatis berbasis arduino dengan smartphone,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 3, pp. 155–159, 2019, doi: [10.30743/but.v14i3.1265](https://doi.org/10.30743/but.v14i3.1265).
- [9] B. Baker, J. Woods, M. J. Reed, and M. Afford, “A Survey of Short-Range Wireless Communication for Ultra-Low-Power Embedded Systems,” *J. Low Power Electron. Appl.*, vol. 14, no. 2, p. 27, 2024, doi: [10.3390/jlpea14020027](https://doi.org/10.3390/jlpea14020027).
- [10] M. K. Ghodki, “A new solar powered robotic arm guided master–slave electric motors of biomass conveyor,” *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 22, no. 3, pp. 739–762, 2024, doi: [10.1108/JEDT-09-2021-0496](https://doi.org/10.1108/JEDT-09-2021-0496).
- [11] M. C. Mamatlepa and A. Mazenda, “Building project management tools and techniques capacity to drive Information and Communications Technology projects in the Department of Social Development, South Africa,” *Inf. Dev.*, p. 02666669241264740, 2024, doi: [10.1177/02666669241264740](https://doi.org/10.1177/02666669241264740).
- [12] A. Nurbawani and D. Hasnawan, “Pengembangan Sistem Informasi Tugas Akhir Mahasiswa Berbasis Android Mobile Application di Jurusan Pendidikan Agama Islam IAIN Ponorogo,” *Kodifikasia*, vol. 18, no. 1, pp. 153–175, 2024, doi: [10.21154/kodifikasia.v18i1.9551](https://doi.org/10.21154/kodifikasia.v18i1.9551).
- [13] D. S. Budi and H. Abijono, “Analisis pemilihan penerapan proyek metodologi pengembangan rekayasa perangkat lunak,” *Teknika*, vol. 5, no. 1, pp. 24–31, 2016, doi: [10.34148/teknika.v5i1.48](https://doi.org/10.34148/teknika.v5i1.48).

- [14] L. Damodaran, “User involvement in the systems design process-a practical guide for users,” *Behav. Inf. Technol.*, vol. 15, no. 6, pp. 363–377, 1996, doi: [10.1080/014492996120049](https://doi.org/10.1080/014492996120049).
- [15] K. A. Olu-lawal, O. K. Olajiga, A. K. Adeleke, E. C. Ani, and D. J. P. Montero, “Innovative material processing techniques in precision manufacturing: a review,” *Int. J. Appl. Res. Soc. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 279–291, 2024, doi: [10.51594/ijarss.v6i3.886](https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i3.886).
- [16] S. Larsson, P. Myllyperkiö, F. Ekdahl, and I. Crnkovic, “Software product integration: A case study-based synthesis of reference models,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, no. 6, pp. 1066–1080, 2009, doi: [10.1016/j.infsof.2009.01.001](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.01.001).
- [17] A. Gunasekaran, “Agile manufacturing: a framework for research and development,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 62, no. 1–2, pp. 87–105, 1999, doi: [10.1016/S0925-5273\(98\)00222-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00222-9).
- [18] S. Sahputra, L. Mursyida, and D. Kurniadi, “Development of an Online Platform for Lesson Scheduling and Grade Management at MAN 1 Padang Using Waterfall Methodology,” *J. Hypermedia Technol. Learn.*, vol. 2, no. 2, pp. 137–152, 2024, doi: [10.58536/j-hytel.v2i2.131](https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i2.131).
- [19] J. D. Sinaga, N. Evalina, F. I. Pasaribu, M. F. Zambak, and F. Rizky, “Analisa Sistem Pengendalian Pada PCB Automatic Voltage Regulator,” *J. Telecommun. Electr. Sci.*, vol. 1, no. 02, pp. 65–73, 2024, doi: [10.24010/jtels.v1i02.936](https://doi.org/10.24010/jtels.v1i02.936).
- [20] M. A. Swasono and A. T. Prastowo, “Analisis dan Perancangan Sistem Infomasi Pengendalian Persediaan Barang,” *J. Inform. Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 2, no. 1, pp. 134–143, 2021, doi: [10.33365/jatika.v2i1.734](https://doi.org/10.33365/jatika.v2i1.734).