



Human following robot berbasis iot untuk otomatisasi trolley: meningkatkan pembelajaran dalam mata kuliah airport automation

Author Name(s): Sunardi Sunardi, Muhammad Rafli Fazal, Adha Febriansyah, Asep Muhamad Soleh, Parjan Parjan, Hadi Prayitno

Publication details, including author guidelines

URL: <https://jurnal.konselingindonesia.com/index.php/jkp/about/submissions#authorGuidelines>

Editor: Rima Pratiwi Fadli

Article History

Received: 15 Oct 2024

Revised: 17 Dec 2024

Accepted: 25 Dec 2024

How to cite this article (APA)

Sunardi, S., Fazal, M. R., Febriansyah, A., Soleh, A. M., Parjan, P., & Prayitno, H. (2024). *Human following robot berbasis iot untuk otomatisasi trolley: meningkatkan pembelajaran dalam mata kuliah airport automation*. Jurnal Konseling dan Pendidikan. 12(4), 363-382. <https://doi.org/10.29210/1120800>

The readers can link to article via <https://doi.org/10.29210/1120800>

SCROLL DOWN TO READ THIS ARTICLE



Indonesian Institute for Counseling, Education and Therapy (as publisher) makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in the publications. However, we make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors and are not the views of or endorsed by Indonesian Institute for Counseling, Education and Therapy. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Indonesian Institute for Counseling, Education and Therapy shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to, or arising out of the use of the content.

Jurnal Konseling dan Pendidikan is published by Indonesian Institute for Counseling, Education and Therapy comply with the [Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing](#) at all stages of the publication process. Jurnal Konseling dan Pendidikan also may contain links to web sites operated by other parties. These links are provided purely for educational purpose.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#).

Copyright by Sunardi, S., Fazal, M. R., Febriansyah, A., Soleh, A. M., Parjan, P., & Prayitno, H. (2024).

The author(s) whose names are listed in this manuscript declared that they have NO affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest (such as honoraria; educational grants; participation in speakers' bureaus; membership, employment, consultancies, stock ownership, or other equity interest; and expert testimony or patent-licensing arrangements), or non-financial interest (such as personal or professional relationships, affiliations, knowledge or beliefs) in the subject matter or materials discussed in this manuscript. This statement is signed by all the authors to indicate agreement that the all information in this article is true and correct.

Jurnal Konseling dan Pendidikan

ISSN 2337-6740 (Print) | ISSN 2337-6880 (Electronic)



Indonesian Institute for Counseling, Education and Therapy



Human following robot berbasis iot untuk otomatisasi trolley: meningkatkan pembelajaran dalam mata kuliah airport automation

Sunardi Sunardi^{1*)}, Muhammad Rafli Fazal¹, Adha Febriansyah¹, Asep Muhamad Soleh¹, Parjan Parjan², Hadi Prayitno²

¹ Politeknik Penerbangan Palembang, Indonesia

² Politeknik Penerbangan Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

Airport trolley management presents challenges such as theft, damage, maintenance, cleanliness and limited mobility for users. Human Follower Trolley offers an autonomous solution for passenger goods transportation. Using Borg & Gall's R&D model, this trolley operates via hand movements detected by gloves with gyroscope sensors. The ESP-32 microcontroller activates the trolley via the internet, while the Arduino Mega processes data to control movement via a DC motor. This trolley can move in various directions, supports loads of up to 7.9 kg, with a detection range of 20 cm and a response range of up to 30 meters. This research uses the Research and Development (R&D) method in this research. R&D methods are designed to create a specific product and exude its effectiveness. The results of this research are human follower trolleys that are integrated into the Airport Automation curriculum for the Airport Engineering Technology (TRBU) program, which enriches learning in the fields of airport automation, IoT and robotics. Development is carried out by following 8 of Borg & Gall's 10 stages, which improve learning systematically. Test results show that the trolley is able to maintain stability by adjusting the tilt angle to speed: pitch inclination increases by 5° for every 0.8 1.0 m/s increase, reaching 90° at a speed of 15.0 m/s, while roll increases 2.5° per 0.8 1.0 m/s, reaching 45°. This research has contributed to cadet training at the Palembang aviation polytechnic and this trolley has been operating at Sultan Mahmud Badarrudin II Airport

Keywords:

Human following
Airport automation
IoT
Otomatisasi
Robotik

Corresponding Author:

Sunardi Sunardi,
Politeknik Penerbanfan Palembang
Email: sunardi@poltekbangplg.ac.id

Pendahuluan

Layanan bandara bertujuan utama untuk memastikan transportasi penumpang dan barang yang efisien, aman, dan nyaman. Salah satu komponen kunci dalam layanan penumpang adalah troli bandara yang berfungsi memfasilitasi pergerakan bagasi di dalam area bandara (Hanantyo & Susanto, 2022; Huegli et al., 2020; Liao et al., 2022). Namun, troli tradisional masih membutuhkan pengoperasian manual, yang dapat memengaruhi tingkat kepuasan penumpang, terutama bagi mereka yang memiliki keterbatasan fisik limitations (Kharusi et al., 2018). Dalam upaya untuk meningkatkan layanan, khususnya bagi penumpang lanjut usia dan penyandang disabilitas, bandara perlu mengadopsi solusi yang lebih inovatif, seperti Human Follower Trolley otonom, yang sejalan dengan perkembangan teknologi dalam Society 5.0 (Nonthapot & Nasoontorn, 2020).

Kemajuan teknologi baru-baru ini telah memberikan dampak signifikan di berbagai sektor, termasuk transportasi (AlKheder, 2021; Baxter et al., 2018; Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan, 2017; Dukiya & Gahlot, 2020; Wildan Nugraha, 2021). Salah satu inovasi penting yang muncul adalah integrasi sistem otonom dan Internet of Things (IoT) untuk menciptakan layanan transportasi udara yang lebih cerdas (Hernando, 2023a). Di kawasan Asia Tenggara, khususnya Indonesia, tingginya permintaan perjalanan udara yang didorong oleh sektor pariwisata menunjukkan kebutuhan akan operasi bandara yang lebih efisien (Adly et al., 2022). Dalam konteks ini, Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan menggarisbawahi peran bandara sebagai area yang ditetapkan untuk operasi pesawat, termasuk penanganan penumpang, transfer kargo, dan konektivitas antar moda, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan yang memadai (Hernando, 2023b).

Penggunaan troli manual sering kali menimbulkan ketidaknyamanan dan membebani penumpang (Wulandari et al., 2020). Banyak penumpang, terlepas dari kondisi fisik mereka, mengandalkan troli ini untuk mengangkut barang-barang pribadi (Anusha et al., 2020). Untuk meningkatkan pengalaman penumpang, terutama bagi mereka yang berkebutuhan khusus, bandara perlu beralih ke troli berbasis pengikut manusia otonom (Anugraha, 2021; Pratama et al., 2022; Purbakawaca & Fauzan, 2022; Suyatmo et al., 2020). Inovasi ini juga mendukung visi Society 5.0 dalam mengadopsi sistem otonom yang berfokus pada peningkatan kualitas hidup (Yusup et al., 2020). Penelitian terhadap sistem otonom, seperti Human Follower Trolley, telah menunjukkan potensi besar di berbagai industri. Research into autonomous systems, such as Human Follower robots, has highlighted their potential across various industries (Chy et al., 2022). Menurut Penelitian, (Prianto et al., 2021), meneliti troli belanja otonom yang dilengkapi dengan teknologi penghindaran rintangan dan sistem pembayaran elektronik, sementara Peneliti (Ahmad et al., 2020) mengembangkan robot pengiriman otonom untuk rumah sakit. Salah satu inovasi yang menjanjikan dalam pengembangan sistem otonom ini adalah pemanfaatan teknologi gyroscope (Tirta & Wiryadinata, 2023).

Gyroscope dapat mengukur perubahan orientasi dan gerakan sudut, sehingga meningkatkan presisi navigasi dan mengurangi ketergantungan pada kontrol manual (Gill et al., 2022). Dengan mengintegrasikan teknologi gyroscope, navigasi troli di lingkungan bandara dapat ditingkatkan, memberikan solusi yang lebih aman dan efisien bagi penumpang (Hardianto, 2019; Iedfitra Haksoro & Setiawan, 2021; Reza Satria Rinaldi & Ika Novia Anggraini, 2021; Rinaldi & Anggraini, 2021). Penelitian oleh (Gupta, 2022) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan perangkat teknologi canggih seperti robot dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep yang lebih mendalam (Parasuraman & Manzey, 2010). Studi oleh (Lee et al., 2022) mendukung temuan bahwa perangkat robotika dapat membantu memahami sistem otomatisasi melalui interaksi langsung, sehingga mengurangi kesenjangan antara teori dan praktik. Penelitian oleh (Vilalta-Perdomo et al., 2022) juga menemukan bahwa pembelajaran berbasis teknologi mampu meningkatkan kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah dalam menghadapi tantangan industri transportasi udara. Namun, beberapa temuan dari literatur tidak sepenuhnya mendukung hasil penelitian ini. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Papadopoulos et al., 2020) menunjukkan bahwa penggunaan perangkat robotik yang kompleks dapat membingungkan yang memiliki tingkat literasi teknologi rendah, sehingga menghambat pembelajaran.

Sebagai institusi vokasi yang bernaung di bawah Kementerian Perhubungan, Politeknik Penerbangan Palembang memiliki peran penting dalam mempersiapkan tenaga kerja terampil di sektor otomasi bandara dan penerbangan. Program Teknologi Rekayasa Bandar Udara (TRBU) di Politeknik Penerbangan Palembang dapat memanfaatkan integrasi sistem otomasi canggih ke dalam kurikulumnya untuk mendukung pembelajaran. Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya maka penelitian ini menggabungkan teknologi human-following robot dengan integrasi sensor jarak, pengenalan visual, dan algoritma pembelajaran mesin dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi robot dalam mengikuti gerakan manusia. Penggunaan kamera RGB-D dan sensor ultrasonik, misalnya, telah terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan robot untuk mendeteksi dan menghindari rintangan. Selain itu, pengintegrasian teknologi IoT memungkinkan robot untuk

berkomunikasi dengan perangkat lain, seperti ponsel pintar atau sistem manajemen berbasis cloud, sehingga menciptakan ekosistem yang lebih cerdas dan terkoneksi. Proyek ini mencakup penggunaan sensor gyroscope dan teknologi IoT dalam menciptakan sistem troli otonom, yang dilengkapi dengan uji lapangan dan evaluasi pengalaman pengguna. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan efisiensi operasional serta kenyamanan penumpang, khususnya mereka yang membutuhkan bantuan (Cecchini et al., 2023; Muralidharan et al., 2021). Implementasi teknologi ini kedalam pembelajaran praktis di mata kuliah Airport Automation diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu belajar untuk mensimulasikan operasional bandara yang menggunakan otomatisasi modern (Amalia, Suryan, et al., 2024).

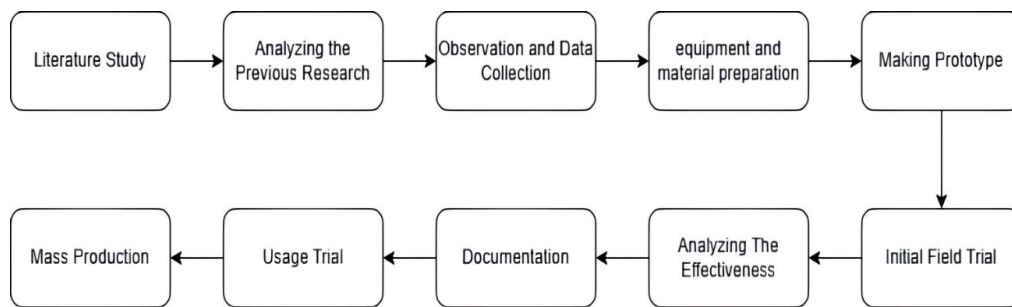
Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan otomasi bandara melalui penciptaan Human Follower Trolley yang memanfaatkan teknologi modern seperti sensor gyroscope dan IoT untuk meningkatkan kenyamanan penumpang serta efisiensi operasional (Ranji et al., 2022). Proyek ini juga sejalan dengan upaya global dalam mendukung keberlanjutan bandara, dengan berfokus pada pengurangan emisi karbon dan optimasi penggunaan energi. Melalui inisiatif ini, institusi tidak hanya menciptakan Airport Automation Trainer yang mendukung aplikasi praktis di dunia nyata, tetapi juga mempersiapkan tenaga kerja masa depan dengan keterampilan yang dibutuhkan untuk berperan aktif dalam lingkungan bandara yang semakin otomatis dan berkelanjutan melalui penggunaannya sebagai media pembelajaran berbasis proyek (Budiyanta et al., 2020; Hong et al., 2016; Nugraha et al., 2021; Verner & Ahlgren, 2007; Zhang et al., 2010).

Pada penelitian ini terdapat Pertanyaan penelitian yang diajukan seperti bagaimana desain human-following robot berbasis IoT untuk otomatisasi trolley? Sejauh mana penggunaan teknologi ini dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep teknis dalam otomatisasi bandara?. Penelitian ini mencakup pengembangan prototipe robot, integrasi robot ke dalam kurikulum, dan evaluasi dampak teknologi terhadap pembelajaran mahasiswa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi otomasi, tetapi juga pada inovasi dalam pendidikan vokasi (Kurnianto, 2019).

Metode

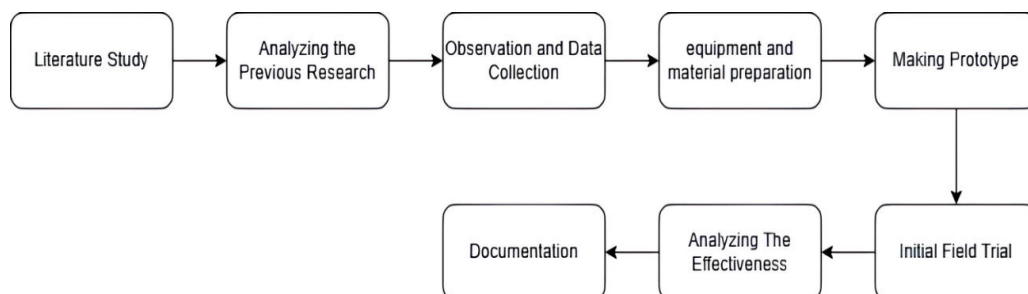
Penulis menerapkan metode *Research and Development* (R&D) (Nasution et al., 2022; SiregarTony, 2023) yang melibatkan serangkaian langkah yang bertujuan mengembangkan produk baru dan meningkatkan produk yang sudah ada untuk memastikan keandalannya (Abdullah et al., 2021). Berdasarkan model yang dikembangkan oleh Borg dan Gall, proses R&D terdiri dari sepuluh tahapan (Sugiono, 2017; Amalia et al., 2022a). Namun, penelitian ini hanya mencakup delapan tahapan karena keterbatasan waktu. Secara khusus, penelitian ini memfokuskan pada tahap ketujuh, yaitu uji coba produk (Gitleman et al., 2019). Penelitian dilakukan pada Laboratorium Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Instrumen penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data meliputi kuesioner untuk mengevaluasi persepsi dengan jumlah responden mahasiswa 50 orang terhadap pembelajaran berbasis robot. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dimana data dari kuesioner dan uji coba alat dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen.

Pengumpulan data dari observasi dan wawancara dianalisis menggunakan pendekatan tematik untuk mengeksplorasi pengalaman mahasiswa dan dosen dalam menggunakan teknologi ini. Pada penelitian ini terdapat 1 tahapan dengan Tahap kesepuluh, yang berkaitan dengan pemasaran produk, dikecualikan karena fokus utama penelitian ini adalah pada implementasi dan penggunaan operasional, bukan pemasaran komersial. Pembatasan ini dilakukan agar penelitian dapat diselesaikan secara menyeluruh dalam rentang waktu yang tersedia, memastikan hasilnya tetap valid dan andal untuk mencapai tujuan utama penelitian, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Metode Penelitian dan Pengembangan dari Borg and Gall (Sugiono, 2017))

Pada penelitian ini, produk yang dihasilkan berupa *Human Follower Trolley*, yang telah diuji di lapangan Politeknik Penerbangan Palembang. Dalam pembuatan *Human Follower Trolley*, terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui hingga proses dokumentasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Diagram Tahapan Pembuatan Alat

Pada tahap pertama, yaitu tinjauan literatur, penulis menggunakan berbagai sumber tertulis seperti artikel, jurnal, dan dokumen yang relevan dengan studi ini. Penelitian ini fokus pada penerapan teknologi troli otomatis di bandara serta konsep automasi bandara yang mengintegrasikan solusi ramah lingkungan tanpa mengorbankan fungsi utama troli otomatis. Tahap kedua melibatkan analisis beberapa penelitian terdahulu tentang troli otomatis dan mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan teknologi yang ada. Misalnya, integrasi *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan troli terhubung langsung dengan pengguna guna mendukung program *smart airport* tanpa mengurangi fungsi utama troli tersebut.

Tahap ketiga mencakup observasi dan pengumpulan data, yang melibatkan studi kasus penggunaan troli otomatis di berbagai area bandara, terutama di lokasi dengan lalu lintas penumpang yang tinggi. Observasi ini bertujuan untuk memahami pola penggunaan troli, tipe penumpang yang sering menggunakannya, serta intensitas penggunaan troli di berbagai waktu. Pengumpulan data dilakukan melalui survei lokasi untuk mengidentifikasi area yang paling sering digunakan oleh penumpang. Proses ini juga melibatkan pencatatan jumlah dan jenis penggunaan troli pada periode tertentu di bandara, serta wawancara dan kuesioner dengan pengguna troli untuk mengumpulkan informasi tentang seberapa efektif troli otomatis dalam meningkatkan efisiensi dan kenyamanan di bandara.

Tahap keempat adalah pembuatan desain berupa diagram rangkaian menggunakan perangkat lunak *Sketchup*. Selama tahap desain ini, penyusunan komponen, penempatan, dan kode yang dibutuhkan untuk mengoperasikan aplikasi diorganisasi dengan cermat, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 8. Langkah selanjutnya adalah pembuatan prototipe troli otomatis, yang mengacu pada perakitan berdasarkan desain yang telah dikembangkan sebelumnya. Tahap ini mencakup perakitan

komponen. Tahap keenam, setelah perakitan prototipe selesai, peneliti mengimplementasikan troli otomatis di lapangan pada lokasi yang telah ditentukan. Tahap ketujuh berfokus pada analisis efektivitas uji jangkauan dan *gyroscope*. Peneliti mengukur kinerja *gyroscope* dengan memeriksa stabilitas dan akurasi troli dalam mengikuti pengguna. Tujuannya adalah untuk menentukan seberapa baik *gyroscope* menjaga keseimbangan dan mengikuti gerakan pengguna dengan akurat.

Penggunaan teknologi sensor telah banyak dimanfaatkan dalam robotika seperti pada penelitian (Hafied Yunanto et al., 2021; Kim et al., 2021; Nechibvute et al., 2012; Riaz et al., n.d.; Sunardi et al., 2020; Wu et al., 2020). Sensor *gyroscope* pada troli otomatis mendukung konsep *smart airport* (Suryan et al., 2024). Dengan teknologi ini, troli otomatis dapat beroperasi lebih efisien dan merespons gerakan pengguna dengan presisi. Tahap terakhir adalah dokumentasi, di mana peneliti melakukan studi dokumentasi dengan mengambil foto dan merekam berbagai aktivitas yang melibatkan troli otomatis guna mendukung penelitian.

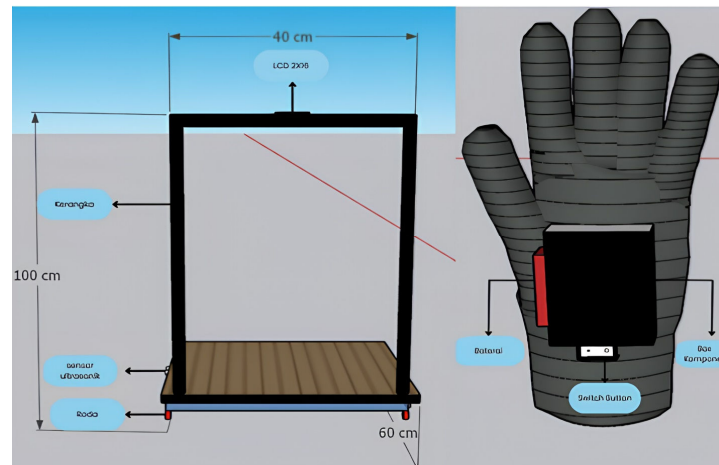
Proyek penelitian ini dimulai dengan pendekatan terstruktur yang mencakup observasi dan wawancara dengan para profesional dari Politeknik Penerbangan Palembang yang diakui sebagai ahli di sektor industri. Selain itu, wawancara juga dilakukan dengan para taruna, yang berperan sebagai pengguna akhir dalam proses pembelajaran, untuk mendapatkan wawasan yang lebih komprehensif. Tujuan wawancara ini adalah untuk menilai berbagai faktor penting dalam pengembangan troli otomatis sebagai alat bantu pengajaran di mata kuliah *Airport Automation*. Untuk memastikan konsistensi dan panduan dalam wawancara ini, digunakan panduan wawancara yang mencakup area-area khusus yang menjadi fokus. Contoh pertanyaan dalam panduan wawancara mencakup tantangan yang dihadapi dalam penerapan teknologi smart airport, pengalaman dengan sistem yang sudah ada, harapan untuk perbaikan, serta persepsi mengenai manfaat teknologi ini dalam konteks pendidikan. Wawasan ini akan menjadi dasar untuk merancang solusi yang efektif dalam meningkatkan pengalaman belajar di mata kuliah Automasi Bandara serta memenuhi kebutuhan yang telah diidentifikasi.

Hasil dan Pembahasan

Desain *Human Follower Trolley* beroperasi dengan menggunakan daya dari baterai LI-PO dan memiliki dua komponen utama, yaitu sarung tangan dan troli. Troli ini mengaktifkan komponen ESP-32 untuk mengirimkan sinyal ke hotspot seluler atau Wi-Fi. Setelah Wi-Fi terhubung dengan ESP-32 melalui pemancar, sinyal diteruskan ke komponen sumbu *gyroscope* untuk mengendalikan pergerakan troli. Baterai LI-PO 500 mAh menyediakan daya yang cukup untuk mengoperasikan troli secara optimal tanpa risiko kerusakan akibat tegangan berlebih, berkat adanya komponen *Step Down* yang menstabilkan tegangan dari baterai ke ESP-32 dan sensor *gyroscope*. Komponen-komponen dipilih berdasarkan fungsi spesifik dan kesesuaiannya dengan desain troli. Motor Driver dan Motor DC dipilih karena efisiensinya dalam menggerakkan troli, di mana Motor Driver mengontrol kecepatan dan arah Motor DC untuk operasi yang halus. Komponen *Step Down* menstabilkan tegangan untuk ESP-32 dan sensor, mencegah tegangan berlebih dan memastikan kinerja yang andal. *Arduino Mega* mengelola sistem kontrol troli, menangani berbagai input dan output secara efektif (Amalia et al., 2020), sementara ESP-32 menyediakan kemampuan komunikasi nirkabel yang penting untuk kontrol dan pemantauan. Baterai LI-PO menawarkan kapasitas tinggi dan ukuran yang ringkas, memastikan daya optimal tanpa menambah bobot berlebih.

Dimensi troli berukuran 60 cm x 40 cm x 100 cm dipilih untuk memastikan stabilitas, visibilitas, dan ruang penyimpanan yang memadai. Tinggi 100 cm memberikan keseimbangan yang baik, membuat troli mudah terlihat, dan memungkinkan kapasitas kargo yang cukup. Ukuran ini juga cukup kompak untuk navigasi di area sempit, tetapi tetap cukup besar untuk menampung semua komponen seperti motor, sensor, dan baterai dengan aman. Selain itu, troli ini dilengkapi dengan penerima untuk menerima sinyal dari pemancar (Sunardi et al., 2022). Sarung tangan dilengkapi dengan satu sensor *gyroscope* sebagai unit penggerak dan tiga sensor ultrasonik sebagai sistem keamanan. Sensor ultrasonik ini menghentikan pergerakan troli selama 10 detik jika ada objek asing

yang terdeteksi di sekitarnya, dengan jangkauan deteksi hingga 180°. Semua komponen ditempatkan dalam kotak pelindung di dalam rangka troli. Desain ini merupakan prototipe dari troli human follower yang menggunakan sistem kontrol berbasis sensor sumbu *gyroscope* dan sensor ultrasonik untuk menghentikan pergerakan jika diperlukan.



Gambar 3. Spesifikasi *Human Follower Trolley*

Selain itu, desain penelitian ini merupakan prototipe *human follower trolley* yang menggunakan kontrol ESP32 dan sensor *gyroscope*. ESP32 akan mengontrol dan menghubungkan komponen-komponen troli pengikut manusia ini, termasuk Motor Driver, Motor DC, Step Down, Arduino Mega, ESP-32, dan baterai Li-Po. Desain cara kerja komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.:

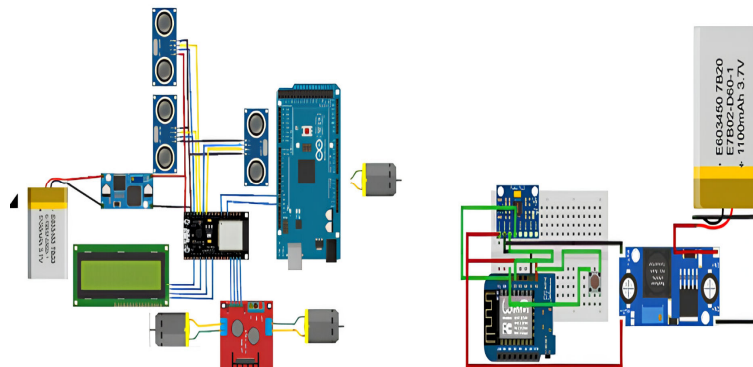


Figure 4. Desain Cara Kerja Komponen *Human Follower Trolley*

Komponen utama dari sistem Human Follower Trolley meliputi ESP32, baterai Li-Po 500 mAh, dan sensor *gyroscope* MPU9250. Sinergi di antara komponen-komponen ini meningkatkan efektivitas troli. ESP32 berfungsi sebagai pengendali pusat, memungkinkan pergerakan otomatis dan mendukung konsep bandara pintar dengan mengurangi ketergantungan pada troli konvensional. Baterai Li-Po menyediakan daya cadangan, sementara sensor *gyroscope* MPU9250 mengontrol troli dan mendeteksi gerakan untuk mengarahkan troli sesuai dengan gerakan tangan yang dikenakan pada sarung tangan.

Pemrograman dan Flowchart

Program untuk *human follower trolley* dibuat menggunakan bahasa pemrograman C++, yang dapat dikompilasi pada ESP-32 untuk mengatur pergerakan *Human Follower Trolley*. *Human Following Trolley* memiliki diagram alur yang menjelaskan cara penggunaan alat penangkal burung. Penjelasan diagram alur dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 5 di bawah ini.:

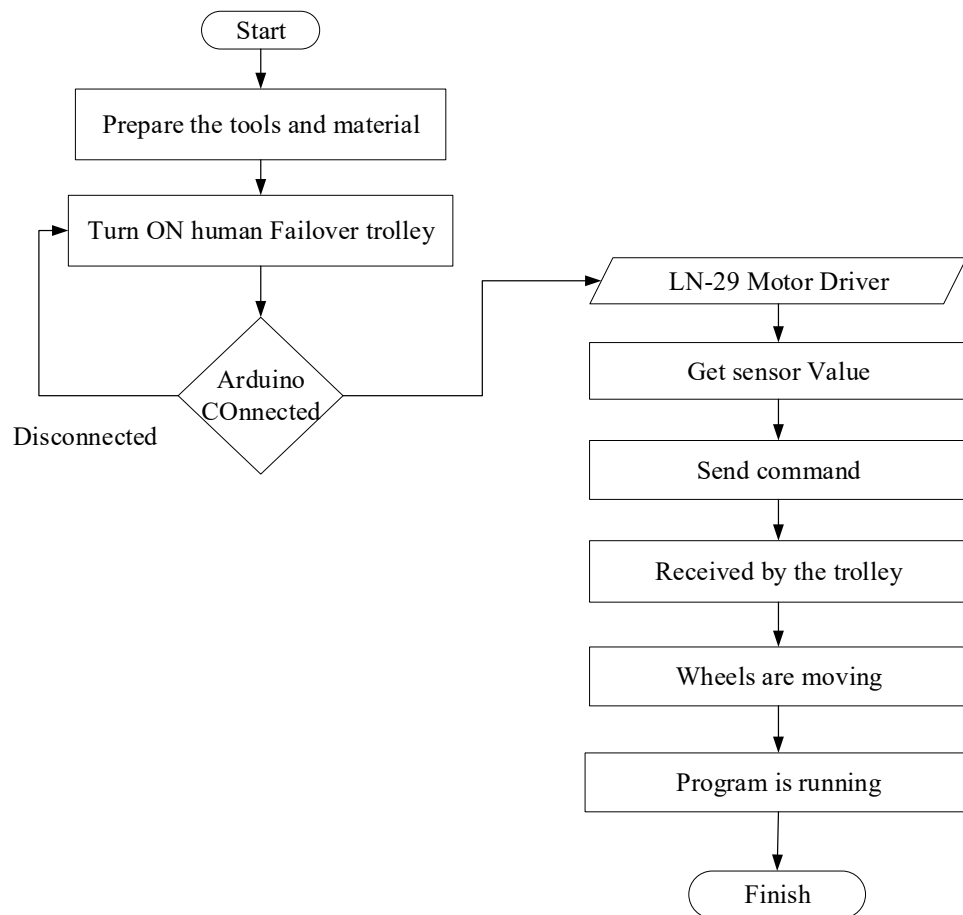


Figure 5. Flowchart Pengoperasian Human Follower Trolley

Setelah perangkat terhubung dengan baik melalui sinyal smartphone atau Wi-Fi, trolley pengikut manusia dapat dikendalikan menggunakan sensor gyro yang berbentuk sarung tangan. Trolley ini dapat dioperasikan secara langsung untuk membantu pengguna tanpa perlu mendorong trolley konvensional. Hal ini dimungkinkan karena perangkat dilengkapi dengan modul sumbu gyro yang dapat dikendalikan dari jarak hingga 50 cm dari pengguna. Prosedur pengoperasian merupakan langkah penting untuk menjalankan trolley pengikut manusia, agar gelombang sinyal yang ditransmisikan dan diterima dapat dikirim melalui internet sesuai dengan program yang telah dibuat. Proses pengoperasian dapat diobservasi sebagai berikut: 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk mengoperasikan perangkat. 2) Nyalakan trolley pengikut manusia dengan menghubungkan modul Wi-Fi yang disiapkan untuk pemancar dan penerima perangkat. 3) Setelah perangkat terhubung, layar LCD trolley pengikut manusia akan menampilkan pesan "Trolley Pengikut Manusia Terhubung." 4) Perangkat yang terhubung akan dapat membantu pengguna dalam melakukan aktivitas. 5) Sensor ultrasonik akan aktif jika ada objek yang tidak dikenali, seperti orang atau benda yang menghalangi atau terdeteksi oleh sensor. 6) Ketika sebuah objek melewati sensor, sensor akan otomatis menghentikan pergerakan trolley pengikut manusia selama 10 detik, mengeluarkan bunyi dari buzzer, dan layar LCD akan menampilkan data objek, apakah berada di depan atau di sisi kanan dan kiri. 7) Trolley pengikut manusia dapat dimatikan dengan memutuskan sambungan pada saklar yang tersedia di perangkat atau pemancar.

Perakitan Peralatan

Perakitan alat dilakukan secara langsung di bengkel gedung TRBU, sementara pengujian lapangan dilakukan di lokasi, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6.

Pengujian trolley pengikut manusia dilakukan secara langsung di Asrama Charlie Politeknik Penerbangan Palembang dalam beberapa tahap. Pengujian dibagi menjadi tiga fase: memeriksa

fungsionalitas perangkat, menilai daya tahan baterai selama pengoperasian, dan mengevaluasi jangkauan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek. Uji coba dilakukan antara pukul 12:00 hingga 17:00. Pengujian ini berfokus pada kegunaan alat dan dampak gelombang ultrasonik terhadap objek yang tidak dikenal, seperti orang atau hambatan lainnya. Selain itu, semua fungsi perangkat diuji untuk memastikan apakah alat yang dirakit beroperasi dengan baik atau jika ada masalah yang perlu ditangani.



Figure 6. Perakitan *Human Follower Trolley*



Figure 7. Pengujian *Human Follower Trolley*

Pengujian Fungsi Alat

Sistem robotik terdiri atas system mekanik, elektronik, sekaligus pemrograman yang berkolaborasi untuk menghasilkan suatu alat. Untuk itu dibutuhkan pengujian fungsi masing-masing komponen yang dilakukan secara sistematis (Amalia et al., 2023; Sunardi et al., 2020). Dalam mengevaluasi komponen yang digunakan dalam trolley pengikut manusia, disimpulkan bahwa semua alat

memenuhi standar harapan dan berfungsi dengan baik. Beberapa komponen yang diuji tercantum dalam Tabel 1.

Table 1. Pengujian Fungsi Alat

Component	Expectations	Results	Conclusions
Ultrasonic Sensor	Detect unknown objects and stop the device.	Sensor functions properly.	Finished
Battery	Can be charged and output normal voltage.	Battery can output normal 12V tested with a multimeter.	Finished
Gyro Sensor	Can control the device movement with hand gestures.	Device movement controlled solely by hand gestures.	Finished
ESP-32	Smoothly outputs movement data.	Data is transmitted accurately.	Finished
DC Motor	Can read movement from ESP-32 and drive the wheels.	Outputs mechanical energy to drive the wheels effectively.	Finished

Pengukuran Gyroscope (*Trolley's Pitching and Rolling tilt*)

Sensor gyroscope sangat penting untuk memantau dan menjaga orientasi Trolley Pengikut Manusia dengan mengukur pitch (kemiringan vertikal) dan roll (kemiringan horizontal). Pengukuran roll dapat mendeteksi kemiringan hingga 45 derajat, menangkap pergeseran lateral atau ketidakseimbangan dalam gerakan trolley. Pengukuran pitch memungkinkan deteksi kemiringan hingga 90 derajat, sehingga sistem dapat merespons kemiringan yang signifikan, seperti tanjakan atau turunan yang curam. Pelacakan yang tepat ini memastikan trolley tetap stabil dan mampu beradaptasi dengan perubahan medan atau arah, meningkatkan daya saing dan kinerjanya di lingkungan yang dinamis. Pengukuran pitch dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Table 2. Measurement of Pitching Tilt

v	°
0,0	0
0,8	5
1,7	10
2,5	15
3,3	20
4,2	25
5,0	30
5,8	35
6,7	40
7,5	45
8,3	50
9,2	55
10,0	60
10,8	65
11,7	70
12,5	75
13,3	80
14,2	85

15,0

90

Tabel di atas menyajikan data yang digunakan untuk menghasilkan grafik yang menggambarkan hubungan antara kecepatan (v) dan sudut kemiringan ($^\circ$), yang merepresentasikan gerakan pitching dari trolley pengikut manusia. Setiap nilai kecepatan (v) dalam tabel terkait dengan sudut kemiringan yang sesuai ($^\circ$), menunjukkan peningkatan linier yang konsisten antara kedua variabel tersebut. Pada kecepatan 0.0 m/s, sudut kemiringan trolley adalah 0° , menandakan posisi datar tanpa gerakan pitching. Seiring dengan meningkatnya kecepatan, sudut kemiringan juga meningkat secara progresif. Misalnya, pada kecepatan 5.0 m/s, sudut kemiringan mencapai 30° , dan pada kecepatan maksimum yang tercantum dalam tabel, 15.0 m/s, sudut kemiringan mencapai puncaknya di 90° . Tabel menunjukkan bahwa sudut kemiringan meningkat sekitar 5° dengan setiap kenaikan kecepatan 0.8 – 1.0 m/s, mempertahankan laju peningkatan yang stabil di seluruh interval kecepatan yang lebih tinggi. Kurva dari tabel dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini:

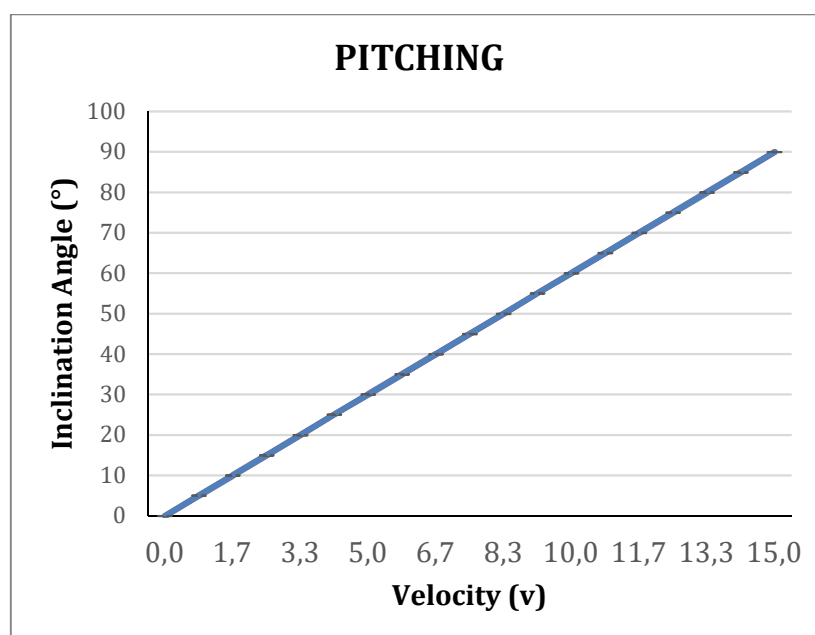


Figure 8. *Pitching Test Human Follower Trolley*

Dapat disimpulkan bahwa respons pitching dari trolley pengikut manusia mengikuti pola linier sehubungan dengan perubahan kecepatan. Sistem pitching dirancang sedemikian rupa sehingga, saat trolley berakselerasi, sudut kemiringan meningkat untuk menyeimbangkan pergeseran dinamis dalam gerakan. Temuan ini menekankan pentingnya mengontrol sudut kemiringan untuk mempertahankan stabilitas trolley di berbagai tingkat kecepatan. Hal ini sangat krusial untuk memastikan operasi trolley yang aman dan efektif saat mengikuti gerakan manusia, terutama selama perubahan kecepatan yang mendadak.

Gerakan rolling yang diilustrasikan oleh grafik menunjukkan hubungan antara kecepatan (v) dan sudut kemiringan ($^\circ$), yang merepresentasikan gerakan rolling dari trolley pengikut manusia. Rolling mengacu pada gerakan rotasi trolley di sekitar sumbu longitudinalnya, yang dapat menyebabkan trolley miring ke samping. Data dari grafik menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya kecepatan, sudut kemiringan yang merepresentasikan gerakan rolling juga meningkat secara linier. Pengukuran rolling dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini:

Table 3. Pengukuran Kemiringan Pitching

v	$^\circ$
0	0
0,8	2,5

v	°
1,7	5
2,5	7,5
3,3	10
4,2	12,5
5,0	15
5,8	17,5
6,7	20
7,5	22,5
8,3	25
9,2	27,5
10,0	30
10,8	32,5
11,7	35
12,5	37,5
13,3	40
14,2	42,5
15,0	45

Pada kecepatan 0.0 m/s, sudut kemiringan trolley adalah 0°, yang menunjukkan bahwa tidak ada kemiringan atau rolling pada kecepatan diam. Saat kecepatan meningkat menjadi 5.0 m/s, sudut kemiringan naik menjadi 15°, sementara pada kecepatan 15.0 m/s, sudut kemiringan mencapai 45°. Tabel juga menunjukkan bahwa sudut kemiringan meningkat sekitar 2.5° untuk setiap kenaikan kecepatan 0.8 – 1.0 m/s, mencerminkan laju peningkatan yang stabil di seluruh rentang kecepatan. Kurva dari tabel dapat dilihat pada Gambar 9:

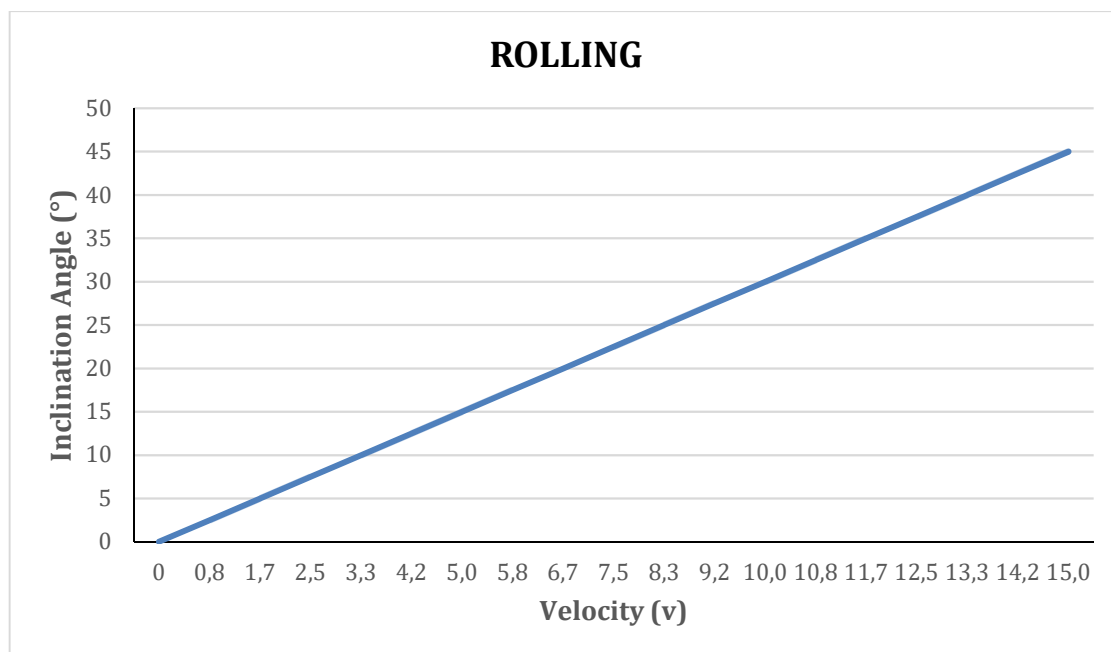


Figure 9. Rolling Test Human Follower Trolley

Dari pengujian alat merespons peningkatan kecepatan dengan menyesuaikan sudut rolling secara linier. Gerakan rolling ini dirancang untuk mengakomodasi perubahan keseimbangan saat trolley bergerak pada kecepatan yang lebih tinggi. Peningkatan sudut rolling sejalan dengan kebutuhan untuk menjaga stabilitas trolley saat menghadapi kecepatan yang lebih tinggi serta potensi perubahan medan atau arah. Oleh karena itu, pengendalian sudut rolling memainkan peran penting dalam memastikan trolley dapat beroperasi dengan aman dan stabil saat mengikuti gerakan pengguna pada berbagai kecepatan.

Gyro Sensor Range Test for Human Follower Trolley

Pengujian dimulai dengan gerakan lurus dan kemudian dilanjutkan dengan belokan, mengukur akurasi sensor dalam mereproduksi perubahan posisi dan orientasi berdasarkan jarak yang ditempuh sebagaimana gambar 10 dan Tabel 4 di bawah ini.

Fungsi gyroscope trolley juga terbukti sangat membantu bagi penumpang penyandang disabilitas, memungkinkan mereka untuk menavigasi bandara dengan lebih mudah. Selain itu, umpan balik yang diterima menyoroti bahwa teknologi ini akan sangat baik untuk tujuan pendidikan, karena dapat meningkatkan pengetahuan di bidang otomatisasi bandara, berkontribusi pada pengembangan bandara cerdas, dan mendorong inovasi pada generasi mendatang.



Gambar 10. *Gyroscope Test Human Follower Trolley*

Hasil yang diperoleh dari pengujian dan umpan balik yang diterima berfungsi sebagai landasan penting untuk merumuskan strategi perbaikan yang komprehensif dan menyempurnakan sebagaimana ilustrasi pada Gambar 11.



Gambar 11. Uji Coba Lapangan *Human Follower Trolley*

Perubahan ini akan memungkinkan Trolley Pengikut Manusia untuk menangani beban yang lebih berat dan meningkatkan efektivitasnya.

Tabel 4. Pengujian Jangkauan *Gyroscope Human Follower Trolley*

Jarak Deteksi Sensor <i>Gyroscope</i>	Jarak Pendekatan Ultrasonik ke Objek	Pendeteksian Sensor	Informasi
0	0	-	Tidak Terdeteksi Sensor
5 m	2cm	Terdeteksi	<i>Human Follower Trolley</i> dapat bergerak dengan normal dalam keadaan biasa. Namun, jika ada objek yang tidak dikenal terdeteksi di jalurnya, perangkat ini akan secara otomatis berhenti.
10 m	4 cm	Terdeteksi	Bergerak Normal dalam keadaan biasa. Namun, jika ada objek yang tidak dikenal terdeteksi di jalurnya, perangkat ini akan secara otomatis berhenti.
15 m	8 cm	Terdeteksi	Bergerak Normal. Namun, jika ada objek yang tidak dikenal terdeteksi di jalurnya, perangkat ini akan secara otomatis berhenti.
20 m	10 cm	Terdeteksi	Bergerak Normal Namun, jika ada objek yang tidak dikenal terdeteksi di jalurnya, perangkat ini akan secara otomatis berhenti.
25 m	15 cm	Terdeteksi	Bergerak Normal, Namun, jika ada objek yang tidak dikenal terdeteksi di jalurnya, perangkat ini akan secara otomatis berhenti.
30 m	20 cm	Terdeteksi	Bergerak Normal, Namun, jika ada objek yang tidak dikenal terdeteksi di jalurnya, perangkat ini akan secara otomatis berhenti.
35 m	25 cm	Tidak Terdeteksi	Device not moving, sensor not response.

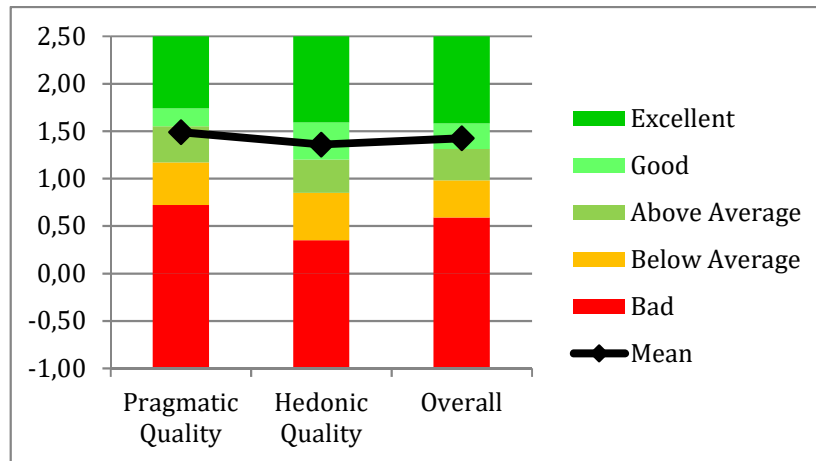
User Experience of *Human Follower Trolley*

User Experience of Human Follower Trolley dapat dikumpulkan melalui umpan balik dari individu atau pemangku kepentingan yang telah menguji trolley tersebut. Umpan balik ini memberikan wawasan berharga mengenai kegunaan dan aplikasi praktisnya, serta membantu mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Kuesioner Pengalaman Pengguna (UEQ) telah banyak digunakan pada penelitian sebelumnya seperti pada (Amalia et al., 2022b; Amalia, Soleh, et al., 2024; Herdianingsih & Cahya, 2023) dan dianggap sebagai alat bantu yang mudah dan akurat merupakan metode yang digunakan untuk menilai kepuasan pengguna melalui kuesioner terdiri dari 8 item dan 7 skala untuk mengevaluasi pengalaman pengguna. Survei ini melibatkan 50 responden, termasuk mahasiswa dan dosen dari Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara di Politeknik Penerbangan Palembang.

obstructive	o o o o o o o	supportive
complicated	o o o o o o o	easy
inefficient	o o o o o o o	efficient
confusing	o o o o o o o	clear
boring	o o o o o o o	exciting
not interesting	o o o o o o o	interesting
conventional	o o o o o o o	inventive
usual	o o o o o o o	leading edge

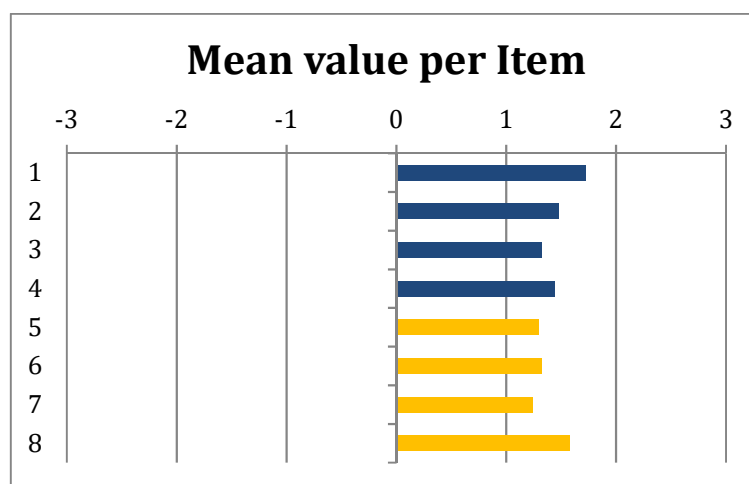
Gambar 12. Indikator Pengujian UEQ-S

Gambar 12 memberikan gambaran rinci tentang item dan skala yang diterapkan dalam proses pengujian menggunakan metode UEQ-S. Proses ini memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap kinerja aplikasi dari sudut pandang kepuasan pengguna.



Gambar 13. Hasil *Benchmarking* Metode Pengujian UEQ

Gambar 13. menampilkan hasil *benchmarking* dari pengujian Trolley Pengikut Manusia menggunakan metode UEQ. Grafik ini jelas menunjukkan bahwa kepuasan pengguna di seluruh 8 aspek yang dievaluasi adalah sangat baik. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa pengguna merasa puas dengan *Human Follower Trolley* dan bahwa alat ini berhasil memenuhi kebutuhan mereka. Melalui analisis data, metrik kunci seperti rata-rata, varians, dan deviasi standar telah dihitung. Rata-rata merepresentasikan kecenderungan pusat atau nilai rata-rata dari kumpulan data. Varians mengukur perbedaan kuadrat rata-rata dari titik data terhadap rata-rata, memberikan wawasan tentang penyebaran dan distribusi data. Deviasi standar menunjukkan seberapa banyak titik data menyimpang dari rata-rata, dengan varians sebagai dasar dari perhitungan ini. Interval Kepercayaan mengungkapkan tingkat kepastian bahwa hasil statistik dari sampel mewakili parameter populasi yang sebenarnya.



Gambar 14. Nilai Rata-rata per Item Trolley Pengikut Manusia

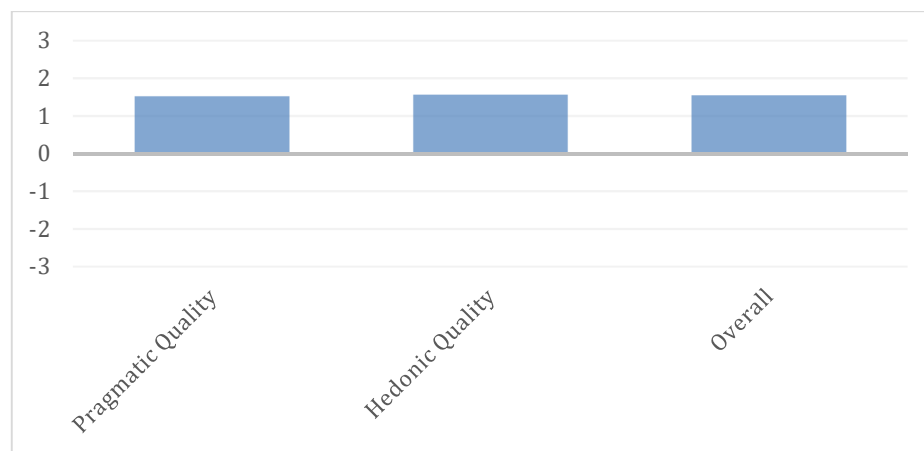
Pada Gambar 14, hasil skala UEQ berkisar dari -3 (sangat buruk) hingga +3 (sangat baik). Namun, dalam praktiknya, nilai yang diamati cenderung jatuh dalam rentang yang lebih sempit. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa setiap responden memiliki opini dan kecenderungan yang unik.

Beberapa mungkin enggan memberikan jawaban yang dianggap terlalu ekstrem. Akibatnya, respons yang melebihi +2 atau jatuh di bawah -2 biasanya jarang dan sering dihindari dalam analisis.

Tabel 5. UEQ Scales:

Short UEQ Scales	
Pragmatic Quality	1,490
Hedonic Quality	1,360
Overall	1,425

Skala UEQ dibagi menjadi dua kategori: kualitas pragmatis dan kualitas hedonic. Kualitas pragmatis merujuk pada atribut yang terkait langsung dengan aspek fungsional dari kualitas, sementara kualitas hedonic berkaitan dengan aspek yang memengaruhi kepuasan pengguna secara tidak langsung. Perbedaan ini diilustrasikan dalam grafik dan dijelaskan lebih rinci dalam Gambar 15 di bawah ini.



Gambar 15. Short UEQ Scales Diagram

Pada Gambar 15 merangkum skor dari Skala UEQ Pendek, dibagi menjadi tiga dimensi: Kualitas Pragmatis, Kualitas Hedonik, dan Skor Keseluruhan. Kualitas Pragmatis mencetak 1.490, yang menunjukkan seberapa baik produk memenuhi kebutuhan fungsional seperti kegunaan. Kualitas Hedonik, dengan skor 1.360, mencerminkan pengalaman pengguna terkait estetika dan kepuasan emosional. Skor keseluruhan 1.425 merepresentasikan evaluasi gabungan dari ketiga dimensi ini, menunjukkan respons positif dari pengguna sebagaimana Tabel 6.

Tabel 6. Representasi Skala

Item	Mean	Variance	Std. Dev.	No.	Negative	Positive	Scale
1	1,7	0,2	0,5	50	obstructive	supportive	Pragmatic Quality
2	1,5	0,5	0,7	50	complicated	easy	Pragmatic Quality
3	1,3	0,3	0,6	50	inefficient	efficient	Pragmatic Quality
4	1,5	0,4	0,6	50	confusing	clear	Pragmatic Quality
5	1,5	0,5	0,7	50	boring	exciting	Hedonic Quality
6	1,5	0,3	0,6	50	not interesting	interesting	Hedonic Quality
7	1,5	0,4	0,6	50	conventional	inventive	Hedonic Quality
8	1,7	0,2	0,5	50	usual	leading edge	Hedonic Quality

Berdasarkan umpan balik dari 50 responden, perbaikan pada Trolley Pengikut Manusia harus difokuskan pada penyederhanaan antarmuka dan proses untuk meningkatkan efisiensi pengguna serta mengurangi kebingungan, sebagaimana diindikasikan oleh skala Kualitas Pragmatik. Umpan balik mengenai Kualitas Hedonik menunjukkan bahwa penyesuaian pada estetika desain, interaktivitas, dan keterlibatan fitur dapat meningkatkan daya tarik dan inovasi produk. Selain itu, memperluas fungsionalitas trolley untuk menjauhkan berbagai hewan, seperti ular dan kucing, dengan menggunakan suara ultrasonik yang disesuaikan dapat membuatnya lebih serbaguna.

Conclusion

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa pengembangan human-following trolley berbasis IoT adalah inovasi signifikan yang menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kenyamanan pengguna di bandara. Dengan fitur kemampuan otomatis mengikuti pengguna dan menjaga stabilitas melalui penyesuaian sudut pitch dan roll, trolley ini memberikan dampak positif, khususnya bagi penumpang lanjut usia dan penyandang disabilitas. Implementasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan kualitas layanan di bandara tetapi juga memberikan peluang pembelajaran yang aplikatif bagi mahasiswa, seperti yang diterapkan dalam kurikulum Politeknik Penerbangan Palembang. Dari perspektif pendidikan, integrasi teknologi robotika dan IoT memberikan mahasiswa pengalaman langsung yang relevan dengan tuntutan industri. Mahasiswa tidak hanya belajar memahami konsep teoritis, tetapi juga memperoleh keterampilan praktis dalam desain dan pengoperasian teknologi otomatisasi. Hal ini menjadikan pendidikan lebih kontekstual dan adaptif terhadap perkembangan teknologi modern. Meskipun demikian, penelitian ini juga mengidentifikasi area yang memerlukan pengembangan lebih lanjut, termasuk penyempurnaan desain, fungsi, dan antarmuka pengguna. Dengan fokus pada perbaikan ini, inovasi ini memiliki potensi besar untuk menjadi bagian integral dalam ekosistem transportasi udara modern sekaligus memperkaya pendekatan pendidikan berbasis teknologi. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan landasan penting untuk kolaborasi lebih lanjut antara industri dan institusi pendidikan dalam mengembangkan solusi teknologi yang lebih canggih dan relevan.

Referensi

- Abdullah, A., Nugraha, W., Sutiyo, S., Setiawan, R. F., Saputra, M. I. D., & Putra, R. P. (2021). Learning Media Development: FireDroid Application Base on the Android System and Distance Learning. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, 2(01), 33–39. <https://doi.org/10.52989/jaet.v2i01.47>
- Adly, E., Widodo, W., Rahmawati, A., & Harsoyo, Y. A. (2022). Desain Perencanaan Taman Wisata Dusun Mrisi Menggunakan Aplikasi SketchUp 3D. *JAST : Jurnal Aplikasi Sains Dan Teknologi*, 5(2), 92–101. <https://doi.org/10.33366/jast.v5i2.2593>
- Ahmad, N., Lokman, N. Bin, & Wahab, M. H. A. (2020). Autonomous Lawnmower using FPGA implementation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012112>
- AlKheder, S. (2021). Passengers intentions towards self-services check-in, Kuwait airport as a case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 169(May), 120864. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120864>
- Amalia, D., Cahyono, D., Septiani, V., & Kristiawan, M. (2022a). UX test in the academic information system of vocational higher education. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 7(1), 36–46. <https://doi.org/10.29210/021583JPGI0005>
- Amalia, D., Cahyono, D., Septiani, V., & Kristiawan, M. (2022b). UX test in the academic information system of vocational higher education. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 7(1). <https://doi.org/10.29210/021583jpgi0005>
- Amalia, D., Nugraha, W., Sunardi, S., Rizko, R., Putri, J., & Pratama, R. A. (2023). Multisensor Fire Detection System Mobile Robot as a Learning Media in Firefighting Robotic Course. *Journal of*

- Innovation in Educational and Cultural Research*, 4(4), 682–690.
<https://doi.org/10.46843/JIECR.V4I4.1016>
- Amalia, D., Septiani, V., & Rafli Fazal, M. (2020). Designing of Mikrokontroler E-Learning Course: Using Arduino and TinkerCad. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, 1(1), 8–14.
<https://doi.org/10.52989/JAET.V1I1.2>
- Amalia, D., Soleh, A. M., Febriansyah, A., Rizko, R., Salbiah, S., Suryan, V., & Septiani, V. (2024). Development of Airfield Lighting System Digital Learning Media: An Application Usability Testing. *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, Dan Supervisi Pendidikan)*, 9(1), 240–255.
<https://doi.org/10.31851/JMKSP.V9I1.13571>
- Amalia, D., Suryan, V., Septiani, V., Komalasari, Y., Rizko, R., Febriansyah, A., Ristumanda, S. S., Kristiawan, M., & Hendra, O. (2024). Development of a Game-Based Learning: Airfield Lighting System Simulator Using Virtual Reality and Augmented Reality. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 5(2), 978–994. <https://doi.org/10.37385/JAETS.V5I2.3253>
- Anugraha, S. (2021). Rancang Bangun Remote Sistem Robot Pembawa Barang Menggunakan Android Berbasis Arduino IoT (Internet Of Thing). *Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa Fakultas Sains Dan Teknologi*.
- Anusha, G., Sunayana, R., Ponnamm, M., & Kumar, B. A. (2020). Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 8(6), 77–80.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22270/ajprd.v9i2.940>
- Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018). An assessment of sustainable airport water management: The case of Osaka's Kansai international airport. *Infrastructures*, 3(4).
<https://doi.org/10.3390/infrastructures3040054>
- Budiyantha, N. E., Darmawan, I. A., Sarah, A., Mulyadi, M., Tanudjaja, H., & Widiarto, S. O. B. (2020). Line follower robot module design for increasing student comprehension in robotics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/3/032064>
- Chy, M. K. A., Masum, A. K. M., Sayeed, K. A. M., & Uddin, M. Z. (2022). Delicar: A smart deep learning based self driving product delivery car in perspective of Bangladesh. *Sensors*, 22(1).
<https://doi.org/10.3390/s22010126>
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan. (2017). Pedoman Pelaksanaan Bandar Udara Ramah Lingkungan (Eco Airport). In *Skep - 124 - Vi-2009* (pp. 1–31). Kementerian Perhubungan.
- Dukiya, J. J., & Gahlot, V. (2020). an Evaluation of the Effect of Bird Strikes on Flight Safety Operations At International Airport. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 3(1), 16–33. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2013.3\(1\).02](https://doi.org/10.7708/ijtte.2013.3(1).02)
- Gill, W. A., Howard, I., Mazhar, I., & McKee, K. (2022). A Review of MEMS Vibrating Gyroscopes and Their Reliability Issues in Harsh Environments. *Sensors*, 22(19).
<https://doi.org/10.3390/s22197405>
- Gitleman, Lisa., Guidelines, S., Bersama, K. K., Cfp, E. S., Siubelan, Y. C. W., Murti Laksono, K., Lubis, D. P., Antamoshkina, O., Zinina, O., Olentsova, J., Patel, Z., Pitroda, J., Deliyanto, B., Sumartono, Cfp, E. S., Tapia-Silva, F.-O., Ministry of National Development Planning, DKI Jakarta Government, Antarmoda, P. I., Indonesian Government. (2019). CUSME 2020 : 2020 International Conference on Urban Sustainability , Environment , and Engineering. *Scale*, 13(1), 17.
- Gupta, C. (2022). The impact and measurement of today's learning technologies in teaching software engineering course using design-based learning and project-based learning. *IEEE Transactions on Education*, 65(4), 703–712.
- Hafied Yunanto, R., Desriyanti, D., & Intan Vidyastari, R. (2021). Analysis Of Response Speed Settings Flame Sensor Fire Fighting Robots Using Pid. *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 5(2). <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v5i2.1550>
- Hanantyo, B., & Susanto, T. D. (2022). Kajian Potensi Penerapan Teknologi Smart Airport di Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta Indonesia. *Is The Best Accounting Information Systems and Information Technology Business Enterprise This Is Link for OJS Us*, 7(1).
<https://doi.org/10.34010/aisthebest.v7i1.7123>

- Hardianto, H. (2019). Utilization of Solar Power Plant in Indonesia: A Review. *International Journal of Environment, Engineering and Education*, 1(3), 1–8. <https://doi.org/10.55151/ijeedu.v1i3.21>
- Herdianingsih, S., & Cahya, O. D. (2023). User Experience Pengguna Perpanjangan Sim Online Aplikasi Digital Korlantas Menggunakan UEQ. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 8(1). <https://doi.org/10.31294/ijcit.v8i1.13247>
- Hernando, I. C. (2023a). Analisa Gerakan Rolling, Pitching, dan Vertikal Truk 3 Axle dengan Penggerak Motor Listrik IWM pada Saat Melewati Polisi Tidur. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 5–12. <https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.5-12>
- Hernando, I. C. (2023b). Analisa Gerakan Rolling, Pitching, dan Vertikal Truk 3 Axle dengan Penggerak Motor Listrik IWM pada Saat Melewati Polisi Tidur. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 5–12. <https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.5-12>
- Hong, Z. W., Huang, Y. M., Hsu, M., & Shen, W. W. (2016). Authoring robot-assisted instructional materials for improving learning performance and motivation in EFL classrooms. *Educational Technology and Society*, 19(1).
- Huegli, D., Merks, S., & Schwaninger, A. (2020). Automation reliability, human machine system performance, and operator compliance: A study with airport security screeners supported by automated explosives detection systems for cabin baggage screening. *Applied Ergonomics*. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103094>
- Iedfitra Haksoro, E., & Setiawan, A. (2021). *Jurnal ELTIKOM : Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer Pengenalan Jamur Yang Dapat Dikonsumsi Menggunakan Metode Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network*. 5(2), 81–91. <https://doi.org/http://doi.org/10.31961/eltikom.v5i2.428>
- Kim, S. Bin, Kim, K. T., Kim, O., Seo, E. Y., & Lee, S. J. (2021). A research tool for biomechanics toward sensory-motor manipulation, Unity 3D. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 16(2). <https://doi.org/10.1299/JBSE.21-00068>
- Kurnianto, B. (2019). Dinamika Pendidikan Tinggi Vokasi. *Jurnal Analisis Sistem Pendidikan Tinggi*, 3, 81–88.
- Lee, J. S., Ham, Y., Park, H., & Kim, J. (2022). Challenges, tasks, and opportunities in teleoperation of excavator toward human-in-the-loop construction automation. *Automation in Construction*, 135, 104119.
- Liao, W., Cao, X., Liu, Y., & Huang, Y. (2022). Investigating differential effects of airport service quality on behavioral intention in the multi-airport regions. *Research in Transportation Business and Management*, 45(PC), 100877. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100877>
- Nasution, R., Alam, H., Harahap, M. R., Lubis, Z., Ferdian, H., Program, D., Elektro, S. T., Prodi, D., & Mesin, T. (2022). Aplikasi Solar Cell Guna Penerangan di Sampan Nelayan di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara. *Journal of Electrical Technology*, 7(1), 6–10.
- Nechibvute, A., Chawanda, A., & Luhanga, P. (2012). Piezoelectric Energy Harvesting Devices: An Alternative Energy Source for Wireless Sensors. *Smart Materials Research*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/853481>
- Nonthapot, S., & Nasoontorn, A. (2020). The Effect of The Service Quality on Passengers Satisfaction. *Management Science Letters*, 10(15), 3717–3722. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2020.6.021>
- Nugraha, W. S., Pujiasti, D., Nurjamaludin, M., & Suryaningrat, E. F. (2021). The development of robotic-based learning media in improving critical thinking abilities and learning outcomes of primary students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1987(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1987/1/012047>
- Papadopoulos, I., Lazzarino, R., Miah, S., Weaver, T., Thomas, B., & Koulouglioti, C. (2020). A systematic review of the literature regarding socially assistive robots in pre-tertiary education. *Computers & Education*, 155, 103924.
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human Factors*, 52(3). <https://doi.org/10.1177/0018720810376055>
- Pratama, A., Notosudjono, D., Rodiah, A., & C. (2022). Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik Untuk Box Sterilisasi Pada Benda Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro*, 1, 1–11.

- Prianto, A., Rahman, A., Mufti, A., & Bahri, A. (2021). Rancang Bangun Sistem Kendali Attitude Hold Satu Derajat Kebebasan Berbasis Metode Pid Untuk Penggerak Dua Rotor. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 6(1), 32–37. <https://doi.org/10.24815/kitektro.v6i1.21931>
- Purbakawaca, R., & Fauzan, S. A. (2022). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbiaya Rendah Berbasis IoT. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 118. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i1.104>
- Ranji, A. R., Damodaran, V., Li, K., Chen, Z., Alirezaee, S., & Ahamed, M. J. (2022). Recent Advances in MEMS-Based 3D Hemispherical Resonator Gyroscope (HRG) A Sensor of Choice. *Micromachines*, 13(10), 1–30. <https://doi.org/10.3390/mi13101676>
- Reza Satria Rinaldi, & Ika Novia Anggraini. (2021). Perancangan Sistem Disinfektan UV-C Sterilisasi Paket sebagai Pencegahan Penyebaran Covid-19. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 10(1), 57–62. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i1.888>
- Riaz, Z., Parn, E., Edwards, D., M. A.-J. of E., & 2017, undefined. (n.d.). BIM and sensor-based data management system for construction safety monitoring. *Emerald.Com*. Retrieved February 28, 2022, from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JEDT-03-2017-0017/full/html?fullSc=1&mbSc=1>
- Rinaldi, R. S., & Anggraini, I. N. (2021). Perancangan Sistem Disinfektan UV-C Sterilisasi Paket sebagai Pencegahan Penyebaran Covid-19 (Design of Package Sterilization UV-C Disinfectant Systems to Prevent the Spread of Covid-19). *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 10(1), 57–62.
- SiregarTony. (2023). Tahapan Model PenelitianDanPengembanganResearch And Development (R&D). *Imaginary Mathematics for Computer Science*, 1, 4. <https://doi.org/https://doi.org/10.58355/dirosat.v1i4.48>
- Sugiono. (2017a). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta CV.
- Sugiono. (2017b). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta CV.
- Sunardi, S., Harahap, N., Amril, M., & Muharry, H. (2022). *Utilization Of Radio Frequency Identification For Air Conditioning Monitoring System*. <https://doi.org/https://doi.org/10.33330/jurteks.v8i2.1309>
- Sunardi, Siregar, M. A., Wiguna, A. S., idris, I., & Khair, R. (2020). Alat Bantu Jalan untuk Tuna Netra Menggunakan Sensor Ultrasonik. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 12(01), 1–8. <https://doi.org/10.33504/MANUTECH.V12I01.124>
- Suryan, V., Amalia, D., Indra Martadinata, M., Septiani, V., Nurfitri, M. A., Silitonga, E., Ardia, W., Politeknik, C., & Palembang, P. (2024). Eco Airport Design: Rancangan Gedung Terminal Ramah Lingkungan pada Bandar Udara. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 759–773. <https://doi.org/10.33087/TALENTASIPIL.V7I2.583>
- Suyatmo, S., Cahyadi, C. I., Syafruwel, S., Khair, R., & Idris, I. (2020). Rancang Bangun Prototype Robot Pengantar Barang Cargo Berbasis Arduino Mega Dengan IOT. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (JSON)*, 1(3). <https://doi.org/10.30865/json.v1i3.2186>
- Tirta, I., & Wiryadinata, R. (2023). Signal Conditioning Test for Low-Cost Navigation Sensor. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 1(1), 30. <https://doi.org/10.36055/setrum.v1i1.471>
- Verner, I. M., & Ahlgren, D. J. (2007). Robot projects and competitions as education design experiments. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 13(1). <https://doi.org/10.1080/10798587.2007.10642950>
- Vilalta-Perdomo, E., Michel-Villarreal, R., & Thierry-Aguilera, R. (2022). Integrating industry 4.0 in higher education using challenge-based learning: An intervention in operations management. *Education Sciences*, 12(10), 663.
- Wildan Nugraha, D. A. (2021). Covid-19 And Implementation Of Airport Health And Safety Procedures: The Safety Culture Perception. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 26(2), 173–180.
- Wu, Z., Cheng, T., & Wang, Z. L. (2020). Self-powered sensors and systems based on nanogenerators. *Sensors (Switzerland)*, 20(10). <https://doi.org/10.3390/s20102925>

-
- Wulandari, I., Yasin, H., & Widiharih, T. (2020). Klasifikasi Citra Digital Bumbu Dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn). *Jurnal Gaussian*, 9(3), 273–282. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v9i3.27416>
- Yusup, A., Arkanuddin, M., & Sutikno, T. (2020). ncang Bangun Prototype Mesin Pemotong Rumput Kendali Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Mikrokontroler AT89C51. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika (JITEKI)*, 1(1), 21–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.33369/jamplifier.v9i1.15394>
- Zhang, C., Gao, J., & Wang, G. (2010). Design of monitoring and controlling system for airfield lighting based on computer. *Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 4101–4106. <https://doi.org/10.1109/WCICA.2010.5553771>