



Rancang Bangun Sistem Pergerakan Robot Pengantar Kopi Menuju *Power Station* Terdekat di Atas Kapal Pesiar

Adam Andika Wisesa¹, Edi Kurniawan², Akhmad Kasan Gupron³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. This research focuses on designing the shortest path to a docking station for the charging system of a robotic coffee delivery system on a cruise ship. With the growing demand for more efficient and innovative services in the maritime industry, autonomous robots are increasingly being used for tasks such as delivering coffee to passengers. However, these robots face unique challenges in the confined and dynamic environment of a ship, particularly in terms of power management and recharging. The goal of this research is to create an efficient charging system using a power bank and Internet of Things (IoT) technology to minimize downtime and ensure continuous robot operation with minimal human intervention. By utilizing sensors such as the MPU 6050 for motion detection and the TCS 3200 for color recognition, the robot can autonomously navigate the shortest path to the docking station for charging, while IoT enables real-time battery capacity monitoring. This helps reduce the time spent on non-operational tasks and improves the overall efficiency of the system. This research not only enhances the robot's ability to operate autonomously in complex environments but also provides a flexible and scalable solution for the maritime industry to integrate advanced robotics into their service operations. The results of this study contribute to the increased adoption of autonomous systems in the maritime sector, particularly in improving service efficiency on board, reducing the need for human intervention, and ensuring smoother service delivery to passengers.

Keywords: MPU 6050 Module, Powerbank, Real-Time Battery Monitoring, Shortest Path Navigation, TCS 3200 Module.

Abstrak. Penelitian ini berfokus pada perancangan jalur terdekat ke stasiun *docking* untuk pengisian daya sistem pengiriman kopi robotik di atas kapal pesiar. Dengan meningkatnya permintaan akan layanan yang lebih efisien dan inovatif di industri maritim, robot otonom semakin banyak digunakan untuk tugas-tugas seperti pengantaran kopi kepada penumpang. Namun, robot ini menghadapi tantangan unik di lingkungan kapal yang terbatas dan dinamis, terutama dalam hal manajemen daya dan pengisian ulang. Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sistem pengisian daya yang efisien menggunakan powerbank dan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk meminimalkan waktu henti dan memastikan operasi robot berjalan terus-menerus dengan intervensi manusia yang minimal. Dengan memanfaatkan sensor seperti MPU 6050 untuk mendeteksi gerakan dan TCS 3200 untuk pengenalan warna, robot dapat menavigasi jalur terpendek secara otomatis menuju *docking station* untuk pengisian daya dan *Internet of Things* untuk melakukan *monitoring* kapasitas baterai secara *real-time*. Hal ini membantu mengurangi waktu yang dihabiskan untuk tugas-tugas non-operasional dan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem. Penelitian ini tidak hanya meningkatkan kemampuan robot untuk beroperasi secara otonom di lingkungan yang kompleks, tetapi juga memberikan solusi yang fleksibel dan dapat diskalakan untuk industri maritim dalam mengintegrasikan robotika canggih ke dalam operasi layanan mereka. Hasil penelitian ini berkontribusi pada peningkatan adopsi sistem otonom di sektor maritim, khususnya dalam meningkatkan efisiensi layanan di atas kapal, mengurangi kebutuhan intervensi manusia, dan memastikan pengantaran layanan kepada penumpang secara lebih lancar.

Kata Kunci: Navigasi Jalur Terpendek, Pemantauan Baterai *Real-Time*, Powerbank, Sensor MPU 6050, Sensor TCS 3200.

1. PENDAHULUAN

Industri pelayaran kapal penumpang, terutama kapal pesiar, telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa dekade terakhir (Smith, 2021). Peningkatan ini sejalan dengan tingginya permintaan dari konsumen untuk mendapatkan pengalaman perjalanan yang lebih efisien, nyaman, dan inovatif. Dalam menghadapi tantangan ini, banyak perusahaan kapal pesiar yang mulai mengadopsi teknologi canggih, termasuk penggunaan robot pengantar otomatis untuk menyediakan layanan pengantaran makanan dan minuman kepada penumpang. Penggunaan robot pengantar ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia, mempercepat waktu layanan, dan menciptakan pengalaman baru yang menarik bagi penumpang.

Penerapan robot pengantar di kapal pesiar menghadapi tantangan-tantangan tertentu, terutama dalam hal penyediaan sistem pengisian daya yang efisien dan tidak mengganggu operasional robot (Chen & Liu, 2019). Lingkungan kapal penumpang memiliki karakteristik yang berbeda dengan lingkungan darat, seperti ruang yang terbatas, infrastruktur yang tetap, serta pergerakan kapal yang dinamis. Sistem pengisian daya yang sering digunakan di darat mungkin tidak efektif di atas kapal. Misalnya, jika pengisian daya robot harus dilakukan secara manual dan sering, hal ini akan mengganggu operasional robot, mengurangi efisiensi, dan memerlukan intervensi manusia yang justru ingin diminimalkan.

Penggunaan stasiun pengisian daya tetap di atas kapal juga menghadapi keterbatasan, seperti penempatan stasiun yang mungkin tidak strategis dan terbatasnya ruang untuk instalasi tambahan (Wang & Zhao, 2022). Lokasi stasiun pengisian daya yang jauh dari area operasional robot akan menambah waktu yang dibutuhkan bagi robot untuk kembali dan mengisi daya, yang akhirnya mengurangi produktivitas robot dalam melayani penumpang.

Untuk mengatasi tantangan ini, penggunaan *powerbank* sebagai sumber daya pengisian yang portabel dan fleksibel menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan. *Powerbank* memungkinkan pengisian daya dilakukan di mana saja tanpa memerlukan infrastruktur tetap yang kompleks. Dengan menggunakan *powerbank*, robot dapat diisi daya langsung di tempat, sehingga meminimalkan waktu yang hilang dan meningkatkan efisiensi operasional (Davis, 2023). Namun, untuk mengoptimalkan penggunaan *powerbank* sebagai sumber daya, diperlukan sistem manajemen pengisian daya yang cerdas dan terintegrasi.

Oleh karena itu, penerapan sistem *charging* berbasis *Internet of Things* dengan penggunaan *powerbank* di kapal pesiar menawarkan berbagai keuntungan, termasuk fleksibilitas dalam pengisian daya, pengurangan intervensi manual, peningkatan efisiensi operasional, dan dapat memonitoring daya baterai robot secara *real-time* (Roberts &

Thompson, 2022). Sistem ini tidak hanya menjawab tantangan pengisian daya robot pengantar di lingkungan yang kompleks seperti kapal, tetapi juga sejalan dengan tren global menuju otomatisasi dan digitalisasi dalam industri pariwisata dan perhotelan.

Penelitian ini berfokus pada perancangan jarak terdekat menuju power station untuk melakukan pengisian daya dan implementasi sistem *charging* menggunakan *powerbank* berbasis teknologi *Internet of Things* untuk robot pengantar kopi di kapal pesiar. Sistem ini diharapkan mampu mengoptimalkan pengisian daya robot, memperpanjang waktu operasional tanpa intervensi manual, dan merencanakan jarak terdekat robot ke *power station* untuk melakukan pengisian daya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rancang Bangun

Rancang bangun sangat berkaitan dengan perancangan sistem yang merupakan menciptakan dan membuat suatu aplikasi ataupun satu kesatuan untuk merancang dan membangun sebuah aplikasi yang belum ada pada suatu instansi atau objek tersebut (Mulyanto, Handani, & Hasmawati, 2020). Menurut Jogianto dikutip dalam Jurnal JINTEKS Vol. 2 No. 1 (2020), rancang bangun (desain) adalah tahap dari setelah analisis dari siklus pengembangan sistem yang merupakan pendefinisian dari kebutuhan-kebutuhan fungsional, serta menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk yang dapat berupa penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, termasuk menyangkut mengkonfigurasi dari komponen-komponen perangkat lunak dari suatu sistem.

Robot

Kata robot berasal dari bahasa *Czech*, *robota*, yang berarti ‘pekerja’ (Satria & Wati, 2019). Kata robot diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh Wright Karel Capek pada sebuah drama, *Rossum's Universal Robots* (R.U.R). robot adalah mesin hasil rakitan karya manusia, tetapi bekerja tanpa mengenal lelah.

Sistem Gerak Robot

Gerak benda tegar merupakan konsep yang paling mendasar dalam mempelajari gerak robot (Hartono & TN Nizar, 2019). Secara umum, gerak benda tegar terdiri dari gerak rotasi terhadap suatu garis lurus dan diikuti dengan gerak translasi pada garis lurus tersebut. *Mobile robot* merupakan sebuah robot yang mampu bergerak dari suatu tempat ke tempat lain karena

memiliki sebuah alat gerak untuk berpindah posisi. Berikut ini merupakan klasifikasi robot menurut alat gerak yaitu berupa robot beroda dan robot berkaki.

Kapal Pesiar

Perusahaan pelayaran yang menyediakan pelayanan keagenan kapal harus dapat melaksanakan tugasnya sesuai dengan permintaan pihak kapal (Supriyanta & Syafii, 2018). Selain itu agen juga harus mempersiapkan fasilitas apa saja yang dibutuhkan kapal ketika sandar sampai dengan dengan bertolak. Terdapat banyak sekali jenis-jenis kapal salah satunya adalah kapal pesiar. Kapal pesiar merupakan sebuah kapal yang memiliki fungsi sebagai sarana rekreasi dan hiburan kepada para penumpangnya.

Power Station

Dalam konteks robot pengantar kopi di atas kapal pesiar, *power station* berfungsi sebagai stasiun pengisi daya baterai bagi robot (Zhang, Li, & Tan, 2020). Stasiun ini penting untuk memastikan robot tetap beroperasi dengan lancar, karena robot akan kembali ke stasiun pengisian ketika daya baterainya berkurang. Dengan sistem ini, robot dapat mengisi daya untuk meningkatkan efisiensi operasional. Selain berperan dalam pengisian daya, stasiun pengisi daya ini juga dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen energi yang cerdas.

ESP 32

ESP32 adalah *chip* dengan *WiFi* 2.4 GHz dan *bluetooth* dengan desain teknologi 40 nm yang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya (Putra & Nugroho, 2020).

Motor DC

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung / *direct-unidirectional* (Chapman, 2004). Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Driver Motor

Modul *driver motor* L298N adalah *driver motor* DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika (Suprayitno, Widoretno, & Yufro, 2020). *Driver* berfungsi

untuk mengendalikan kecepatan serta arah perputaran motor DC.

Internet of Things

Internet of Things adalah konsep dimana objek fisik dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya untuk berkomunikasi dan bertukar data dengan perangkat lain melalui internet (Fauzi & Haryanto, 2018).

Baterai LiPo 12V

Baterai LiPo 12V adalah jenis baterai *lithium polymer* yang memiliki tegangan nominal 12 volt (Xu, 2017). Baterai LiPo memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan baterai lainnya, seperti baterai NiMH atau baterai NiCd. Salah satu keunggulan utamanya adalah kapasitas energi yang lebih besar dalam ukuran yang lebih kecil dan bobot yang lebih ringan, menjadikannya ideal untuk perangkat yang membutuhkan mobilitas dan performa tinggi. Berdasarkan kelebihan tersebut maka jenis baterai ini sering digunakan untuk pembuatan robot. Untuk menjaga kapasitas baterai ini maka pengisian daya hendaknya dilakukan sebelum kapasitas 15% untuk mengurangi penuaan pada baterai dan tidak dilakukan sebelum kapasitas 30% untuk mengoptimalkan penggunaan robot agar tidak sering melakukan *charging* (Villagrossi & Dinon, 2023).

Buck Converter

DC-DC buck converter merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menurunkan tegangan keluaran dari generator agar sesuai dengan tegangan keluaran yang diinginkan (Musyafa & Ibrohim, 2013). Tegangan keluaran ini nantinya akan disimpan di baterai, sehingga membutuhkan nilai tegangan keluaran yang konstan.

Buzzer

Buzzer adalah suatu komponen elektronika yang dapat menghasilkan getaran suara berupa gelombang bunyi (Mardiati, Ashadi, & Sugihara, 2016). *Buzzer* elektronika akan menghasilkan getaran suara ketika diberikan sejumlah tegangan listrik dengan taraf tertentu sesuai dengan spesifikasi bentuk dan ukuran *buzzer* elektronika itu sendiri.

Liquid Crystal Display (LCD)

Penampil (*display*) elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan angka, huruf atau simbol-simbol lainnya (Subagyo & Suprianto, 2017).

Liquid Crystal Display (LCD) adalah salah satu *display* elektronika yang umum digunakan. LCD dibuat dengan *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya melainkan memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *backlit*.

Encoder

Encoder adalah perangkat sensor yang memberikan umpan balik berupa perubahan gerakan menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh jenis perangkat kontrol tertentu dalam sistem kontrol gerakan, seperti penghitung atau *Programmable Logic Controller* (PLC) (Romadhon, Amperawan, & Nawawi, 2023).

Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik (Yudha & Sani, 2017). Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m dengan akurasi 3mm. Dengan demikian, untuk menghitung jarak yang hanya maksimal 4 m maka rumus di atas harus dimodifikasi atau disesuaikan satuannya.

Printed Circuit Board (PCB)

PCB adalah papan rangkaian yang digunakan sebagai tempat penghubung jalur konduktor dan penyusunan letak komponen-komponen elektronika (Sonksank, Huda, & Budayawan, 2015).

Sensor Warna TCS 3200

Sensor warna TCS3200 adalah sensor terprogram yang terdiri dari 64 buah *photodiode* sebagai pendeteksi intensitas cahaya pada warna obyek serta *filter* frekuensi sebagai *transducer* yang berfungsi untuk mengubah arus menjadi frekuensi (Sari, Handayani, Siregar, & Isnu, 2018).

Sensor Gyroscope MPU 6050

Berdasarkan *datasheet* sensor MPU6050 adalah perangkat sensor yang terdapat *3-axis accelerometer* (sensor percepatan), *3-axis gyroscope* (sensor keseimbangan) atau yang dikenal dengan 6DOF (*Degrees of Freedom*), suhu, dan *magnetometer* (Rahman, Nantan, & Alfira, 2022).

Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah perangkat atau modul yang digunakan untuk mengukur, memonitor dan menghitung besar kecilnya suplai tegangan pada suatu rangkaian elektronika (Taif, Abbas, & Jamil, 2019). Sensor ini bisa digunakan untuk mendeteksi dan mengukur tegangan AC atau pun DC sesuai dengan fitur dan kemampuan yang dimilikinya.

Powerbank

Powerbank adalah sebagai pengisi daya gadget saat kita sedang berada diluar dan jauh dari sumber listrik (Apriani, Rachmatullah, Sukamto, & Apriani, 2018). Fungsi *powerbank* dapat disebut juga sebagai penyimpan daya atau dapat dianalogikan sebagai baterai cadangan, namun untuk penggunaannya kita tidak perlu mencopot baterai *handphone*, kita cukup menancapkan kabel seperti saat kita melakukan pengisian menggunakan *charger* biasa.

Sensor Kompas

Sensor kompas merupakan sensor penunjuk arah elektronik yang mampu mendeteksi medan magnet bumi, yaitu kutub utara dan selatan bumi. Sensor kompas sering dipakai dalam aplikasi robot sebagai penunjuk arah atau sudut orientasi robot 399 (Georgiou & Dai, 2010).

3. METODE PENELITIAN

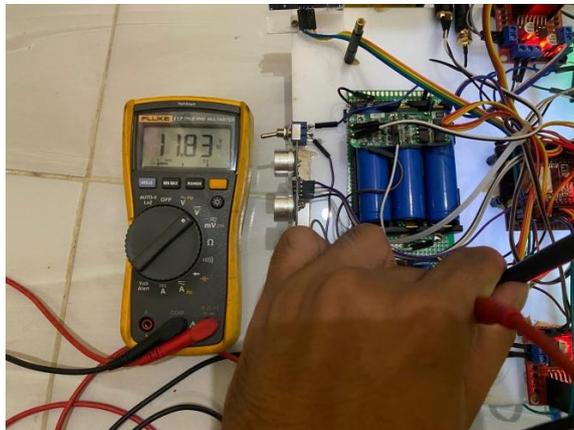
Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimen. Dalam penelitian eksperimen, peneliti mencoba mengamati hubungan sebab-akibat dengan memanipulasi variabel tertentu dan mengamati efeknya terhadap variabel lain. Untuk menguji robot pengantar kopi di atas kapal, diperlukan rencana pengujian yang mencakup pengujian statis (dimana robot diuji tanpa bergerak) dan dinamis (dimana robot diuji selama bergerak). Pengujian statis dilakukan untuk memeriksa komponen sistem robot tanpa melakukan pergerakan fisik. Ini bertujuan untuk menguji kelistrikan, perangkat keras, dan perangkat lunak secara terpisah. Pengujian dinamis dilakukan untuk memeriksa kinerja sistem saat robot bergerak dan beroperasi dalam kondisi nyata. Ini mencakup pengujian navigasi, stabilitas, dan ketahanan robot di atas kapal.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian Statis

Pengujian Baterai *LiPo* 12V

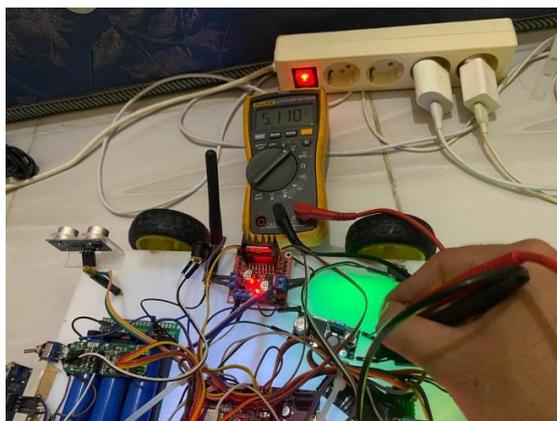


Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 1. Pengujian Baterai *LiPo* 12V

Berdasarkan gambar diatas hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan *multitester* adalah sebesar 11,83V yang menunjukkan bahwa baterai sesuai dengan spesifikasi untuk mendukung kelancaran sistem operasional robot.

Pengujian *Buck Converter*



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 2. Pengujian *Buck Converter*

Berdasarkan gambar diatas hasil pengukuran tegangan *output buck converter* menggunakan *multitester* adalah 5,110V yang relevan ke 5V sehingga sesuai dengan kebutuhan komponen lain untuk mendukung stabilitas sistem keseluruhan.

Pengujian Sensor Tegangan



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 3. Pengujian Sensor Tegangan

Berdasarkan gambar diatas LCD dapat menampilkan tegangan baterai yang terdeteksi oleh sensor tegangan menandakan bahwa sensor tegangan berfungsi dengan baik.

Pengujian Sensor Warna TCS3200

Tabel 1. Kalibrasi Dan Pengujian Warna Oleh Sensor TCS3200

No.	Gambar	Hasil	Keterangan
1		<p>Setelah melakukan kalibrasi “kitchen” terhadap warna hitam kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna hitam, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kitchen.</p>	Sesuai
2		<p>Setelah melakukan kalibrasi kamar 101 “K1” terhadap warna hijau muda kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna hijau muda, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kamar 1 (101).</p>	Sesuai

No.	Gambar	Hasil	Keterangan
3		<p>Setelah melakukan kalibrasi kamar 102 “K2” terhadap warna ungu kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna ungu, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kamar 2 (102).</p>	<p>Sesuai</p>
4		<p>Setelah melakukan kalibrasi kamar 103 “K3” terhadap warna pink kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna pink, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kamar 3 (103).</p>	<p>Sesuai</p>
5		<p>Setelah melakukan kalibrasi kamar 104 “K4” terhadap warna orange kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna orange, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kamar 4 (104).</p>	<p>Sesuai</p>

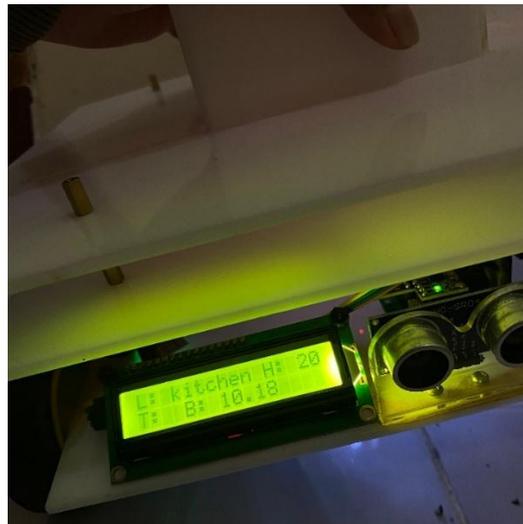
No.	Gambar	Hasil	Keterangan
6		<p>Setelah melakukan kalibrasi kamar 105 “K5” terhadap warna kuning kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna kuning, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kamar 5 (105).</p>	<p>Sesuai</p>
7		<p>Setelah melakukan kalibrasi kamar 106 “K6” terhadap warna hijau kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna hijau, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai kamar 6 (106).</p>	<p>Sesuai</p>
8		<p>Setelah melakukan kalibrasi “C1 / Power Station 1” terhadap warna merah kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna merah, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai power station 1 (C1).</p>	<p>Sesuai</p>

No.	Gambar	Hasil	Keterangan
9		Setelah melakukan kalibrasi “C2 / Power Station 2” terhadap warna biru muda kemudian robot diletakkan lagi secara manual pada warna biru muda, LCD menampilkan lokasi (L) sebagai power station 2 (C2).	Sesuai

Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

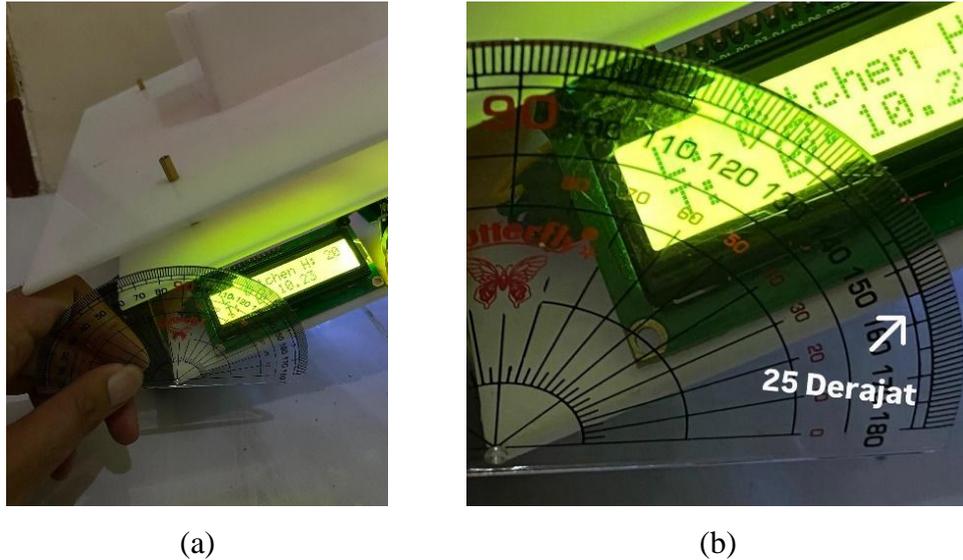
Berdasarkan hasil percobaan dari tabel diatas sensor tcs3200 dapat mendeteksi tiap-tiap kamar berdasarkan warna yang ada pada lintasan pengujian.

Pengujian Sensor MPU 6050



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 4. Pembacaan Derajat Kemiringan Sensor MPU 6050



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 4. Pengukuran Derajat Kemiringan Busur Derajat Dilihat Dari (A) Jauh (B) Dekat

Berdasarkan gambar diatas dalam posisi kemiringan yang sama, pembacaan nilai sensor MPU 6050 adalah 20 derajat sedangkan pengukuran manual busur derajat adalah 25 derajat. Untuk mengetahui tingkat *error* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Error = \left| \frac{Derajat\ Sensor - Derajat\ Busur}{Derajat\ Busur} \right| \times 100\%$$

$$Error = \left| \frac{20 - 25}{25} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{5}{25} \right| \times 100\%$$

$$Error = 20\%$$

Pengujian akan dilakukan sebanyak 30 kali yang dilampirkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan Sensor MPU 6050 Dengan Busur Derajat

No	Sensor MPU 6050	Busur Derajat	Tingkat Error (%)
1	161	166	3,01%
2	97	97	0%
3	48	49	2,04%
4	155	155	0%
5	35	33	6,06%
6	151	151	0%
7	27	27	0%
8	50	46	8,7%
9	113	113	0%
10	31	34	8,82%
11	95	94	1,06%
12	38	38	0%
13	88	91	3,3%

No	Sensor MPU 6050	Busur Derajat	Tingkat Error (%)
14	93	96	3.12%
15	30	30	0%
16	88	93	5.38%
17	169	169	0
18	132	137	3.65%
19	60	64	6.25%
20	158	158	0%
21	133	128	3.91%
22	85	85	0%
23	114	114	0%
24	47	44	6.82%
25	44	48	8.33%
26	20	25	20%
27	84	80	5%
28	111	109	1.83%
29	74	74	0%
30	146	146	0%

Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Berdasarkan tabel tersebut terdapat beberapa nilai dengan *error* 0% dan sebagian besar *error* terjadi dalam batas wajar yaitu dibawah 5%. Adapun faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan antara nilai sensor dan busur derajat seperti gangguan lingkungan, seperti getaran atau pergerakan tidak stabil. Namun dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa sensor memiliki kinerja yang cukup baik.

Pengujian Komunikasi ESP32 ke WiFi



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 5. ESP32 Sebelum Terkoneksi dengan WiFi



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 6. ESP32 Sesudah Terkoneksi dengan WiFi

Ketika ESP32 belum terkoneksi dengan *WiFi* LCD menampilkan tulisan “*Sensor Ready!*”. Kemudian setelah ESP32 terkoneksi *WiFi* akan menampilkan data dari berbagai sensor yaitu “L” adalah Lokasi, “H” adalah *heading*, “T” adalah tujuan dan “B” adalah baterai. Pengujian ini menunjukkan bahwa ESP32 dapat diandalkan sebagai pusat kendali sistem robot.

Pengujian LCD



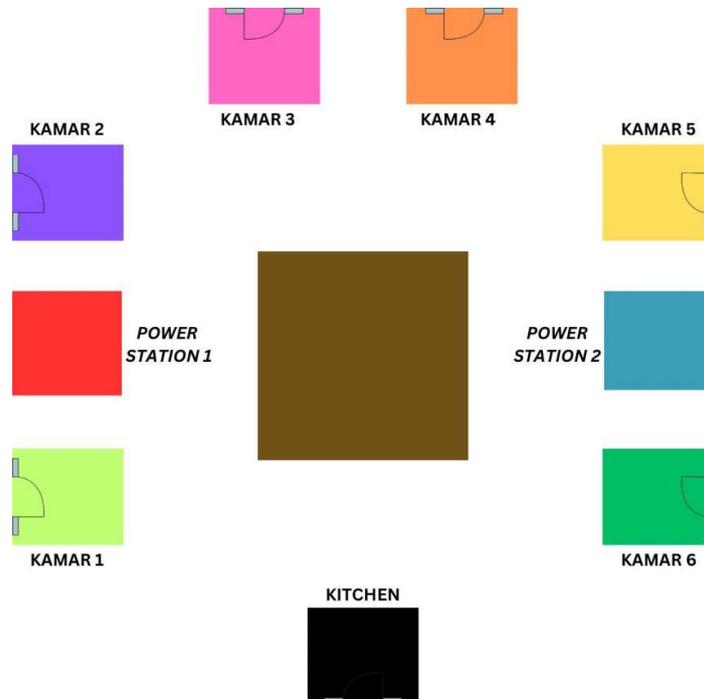
Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 7. Tampilan LCD

Berdasarkan gambar diatas LCD berfungsi dengan baik karena dapat menampilkan kalimat “Kalibrasi K1” dengan jelas tanpa distorsi.

Pengujian Dinamis

Pengujian Robot Menuju *Power Station*



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 8. Denah Lintasan Robot Pengantar Kopi

Berdasarkan gambar denah lintasan diatas terdapat 2 power station dimana kamar 1, 2 dan 3 memiliki tujuan power station 1 sebagai power station terdekat sedangkan kamar 4, 5 dan 6 memiliki tujuan power station 2 sebagai power station terdekat untuk melakukan pengisian daya.

Baterai robot dinyatakan penuh atau 100% adalah pada tegangan 12,6V dan baterai robot dinyatakan habis atau 0% adalah pada tegangan 10V. Berdasarkan indikasi tersebut maka rumus perhitungan persentase baterai robot adalah sebagai berikut.

$$100 - \left(\frac{\text{Tegangan Penuh} - \text{Tegangan Dicari}}{\text{Tegangan Penuh} - \text{Tegangan Kosong}} \times 100\% \right)$$

Contoh : Berapa persentase baterai jika tegangan baterai 11 V?

$$100 - \left(\frac{12,6 - 11}{12,6 - 10,0} \times 100\% \right)$$

$$100 - \left(\frac{1,6}{2,6} \times 100\% \right)$$

$$100 - (0,6 \times 100\%)$$

$$100\% - 60\% = \mathbf{40\%}$$

Hasil percobaan dilampirkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Percobaan Robot Menuju Power Station

No	Kamar Tujuan Terakhir	Nilai Tegangan	Persentase Baterai	Power Station Tujuan	Keterangan
1	102	10,48	18,5%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
2	105	10,47	18,2%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
3	106	10,45	17,8%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
4	101	10,49	19%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
5	103	10,47	18,2%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
6	105	10,49	19%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
7	103	10,46	18%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
8	106	10,49	19%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
9	105	10,47	18,2%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
10	102	10,45	17,8%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
11	104	10,44	17,6%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
12	106	10,46	18%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
13	105	10,49	19%	Power Station 2 (C2)	Sesuai

No	Kamar Tujuan Terakhir	Nilai Tegangan	Persentase Baterai	Power Station Tujuan	Keterangan
14	102	10,45	17,8%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
15	101	10,47	18,2%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
16	106	10,48	18,5%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
17	103	10,44	17,6%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
18	102	10,49	19%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
19	104	10,46	18%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
20	106	10,44	17,6%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
21	103	10,48	18,5%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
22	104	10,48	18,5%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
23	105	10,45	17,8%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
24	101	10,47	18,2%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
25	102	10,48	18,5%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
26	105	10,46	18%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
27	101	10,49	19%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
28	103	10,47	18,2%	Power Station 1 (C1)	Sesuai
29	104	10,45	17,8%	Power Station 2 (C2)	Sesuai
30	106	10,47	18,2%	Power Station 2 (C2)	Sesuai

Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Berdasarkan tabel diatas robot konsisten menuju ke *power station* terdekat sesuai kamar tujuan terakhir ketika presentase baterai kurang dari 20%. Jadi dapat disimpulkan robot mampu mendeteksi level baterai rendah dan memilih jalur yang optimal untuk tiba di *power station* terdekat untuk melakukan pengisian daya.

Pengujian Waktu Pengisian Daya

Tabel 4. Pengujian Waktu Pengisian Daya Baterai

No.	Tegangan Baterai Awal	Persentase Baterai Awal	Tegangan Baterai Terakhir	Persentase Baterai Terakhir	Waktu (menit)
1	10,47V	18,2%	12,6V	100%	45
2	10,45V	17,8%	12,6V	100%	47
3	10,46V	18%	12,6V	100%	46
4	10,47V	18,2%	12,6V	100%	45
5	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
6	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
7	10,45V	17,8%	12,6V	100%	47
8	10,49V	19%	12,6V	100%	43
9	10,47V	18,2%	12,6V	100%	45
10	10,46V	18%	12,6V	100%	46
11	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
12	10,47V	18,2%	12,6V	100%	45
13	10,45V	17,8%	12,6V	100%	47
14	10,44V	17,6%	12,6V	100%	48
15	10,46V	18%	12,6V	100%	46
16	10,47V	18,2%	12,6V	100%	45
17	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
18	10,47V	18,2%	12,6V	100%	45
19	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
20	10,46V	18%	12,6V	100%	46
21	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
22	10,45V	17,8%	12,6V	100%	47
23	10,45 V	17,8%	12,6V	100%	47
24	10,46V	18%	12,6V	100%	46
25	10,44V	17,6%	12,6V	100%	48
26	10,47V	18,2 %	12,6V	100%	45
27	10,48V	18,5%	12,6V	100%	44
28	10,46V	18%	12,6V	100%	46
29	10,49V	19%	12,6V	100%	43
30	10,45V	17,8%	12,6V	100%	47

Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Berdasarkan tabel diatas telah dilakukan percobaan sebanyak 30 kali pada saat robot melakukan pengisian daya baterai hingga 100% atau tegangan 12,6V. Robot melakukan pengisian daya paling cepat pada saat tegangan awal baterai 10,49V (19%) yaitu selama 43 menit dan paling lama pada saat tegangan awal baterai 10,44V (17,6%) selama 48 menit. Dengan rata rata pengisian daya selama 45 menit.

Pengujian Daya Tahan Baterai

Tabel 4. Pengujian Daya Tahan Baterai

No.	Tegangan Baterai Penuh	Persentase Baterai Penuh	Tegangan Baterai Saat Robot Menuju <i>Power Station</i> Terdekat	Persentase Baterai Saat Robot Menuju <i>Power Station</i> Terdekat	Waktu (menit)
1	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
2	12,6V	100%	10,45V	17,8%	60
3	12,6V	100%	10,46V	18%	59
4	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
5	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
6	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
7	12,6V	100%	10,45V	17,8%	60
8	12,6V	100%	10,49V	19%	56
9	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
10	12,6V	100%	10,46V	18%	59
11	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
12	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
13	12,6V	100%	10,45V	17,8%	60
14	12,6V	100%	10,44V	17,6%	61
15	12,6V	100%	10,46V	18%	59
16	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
17	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
18	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
19	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
20	12,6V	100%	10,46V	18%	59
21	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
22	12,6V	100%	10,45V	17,8%	60
23	12,6V	100%	10,45V	17,8%	60
24	12,6V	100%	10,46V	18%	59
25	12,6V	100%	10,44V	17,6%	61
26	12,6V	100%	10,47V	18,2%	58
27	12,6V	100%	10,48V	18,5%	57
28	12,6V	100%	10,46V	18%	59
29	12,6V	100%	10,49V	19%	56
30	12,6V	100%	10,45V	17,8%	60

Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Berdasarkan tabel diatas telah dilakukan percobaan sebanyak 30 kali. Robot dapat beroperasi paling lama selama 61 menit dengan tegangan akhir sebelum menuju *power station* terdekat adalah 10,44V (17,6%) dan paling cepat selama 56 menit dengan tegangan akhir sebelum menuju *power station* terdekat adalah 10,49V (19%). Rata – rata robot beroperasi selama 58 menit dalam keadaan baterai 100% hingga baterai kurang dari 20%.

Pengujian Kualitas Komunikasi Robot



Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Gambar 9. Jaringan Internet (Hotspot Seluler) Dan Robot Pengantar Kopi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas komunikasi robot terhadap jarak tertentu suatu jaringan. Akan dilakukan percobaan sebanyak 30 kali yang terlampir pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian Kualitas Komunikasi Robot

No	Jarak Jaringan Terhadap Robot	Komunikasi
1	0,5 meter	Baik
2	1 meter	Baik
3	1,5 meter	Baik
4	2 meter	Baik
5	2,5 meter	Baik
6	3 meter	Baik
7	3,5 meter	Baik
8	4 meter	Baik
9	4,5 meter	Baik
10	5 meter	Baik
11	5,5 meter	Baik
12	6 meter	Baik
13	6,5 meter	Baik
14	7 meter	Baik
15	7,5 meter	Baik
16	8 meter	Baik
17	8,5 meter	Cukup
18	9 meter	Cukup
19	9,5 meter	Cukup
20	10 meter	Cukup
21	10,5 meter	Buruk
22	11 meter	Buruk

No	Jarak Jaringan Terhadap Robot	Komunikasi
23	11,5 meter	Buruk
24	12 meter	Buruk
25	12,5 meter	Buruk
26	13 meter	Buruk
27	13,5 meter	Buruk
28	14 meter	Buruk
29	14,5 meter	Buruk
30	15 meter	Buruk

Sumber: Dokumen Penelitian (2025)

Berdasarkan tabel diatas terdapat 3 indikasi komunikasi robot yaitu baik, cukup dan buruk. Baik adalah respon robot terhadap perintah berjalan lancar tanpa gangguan yaitu ketika terhubung jaringan dengan jarak 0,5 – 8 meter. Cukup adalah respon robot terhadap perintah berjalan lancar namun terkadang saat beroperasi akan tersendat – sendat ketika terhubung jaringan dengan jarak 8,5 – 10 meter. Sedangkan buruk adalah robot tidak merespon perintah ketika jarak jaringan dengan robot diatas 10 meter. Jadi dapat disimpulkan bahwa jarak jaringan dengan robot dapat mempengaruhi kualitas komunikasi robot.

Analisa Penelitian

Pada pengujian statis, sistem diuji tanpa dijalankan secara penuh untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai spesifikasi. Baterai *LiPo* 12V menunjukkan tegangan *output* yang sesuai pada kisaran 10 – 12,6V, yang stabil dan mendukung kebutuhan operasional robot. *Buck converter* berhasil mengubah tegangan dari baterai menjadi 5,110V, sesuai dengan kebutuhan komponen lainnya. Sensor tegangan mampu membaca kapasitas baterai dan menampilkan nilainya pada LCD. Pengujian sensor warna TCS3200 menunjukkan bahwa sensor ini dapat mendeteksi dan mengenali warna dengan baik, sehingga robot dapat mengidentifikasi lokasi kamar berdasarkan warna yang telah dikalibrasi. Sensor MPU6050 juga bekerja dengan baik, mampu mendeteksi perubahan posisi dan kemiringan robot. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali, memungkinkan pengelolaan data dari sensor secara *real-time* dan menampilkan informasi tersebut melalui LCD, yang dapat menampilkan data secara jelas tanpa distorsi.

Pada pengujian dinamis, robot diuji untuk memastikan kemampuannya beroperasi dalam skenario nyata dengan berbagai kondisi yang mensimulasikan penggunaan sebenarnya. Salah satu aspek utama yang diuji adalah kemampuan robot dalam mendeteksi level baterai rendah ketika tegangan baterai kurang dari 10,5V (kurang dari 20%) dan secara otomatis mencari *power station* terdekat untuk melakukan pengisian daya. Berdasarkan hasil pengujian,

robot selalu memilih *power station* yang benar sesuai dengan *power station* terdekat. Dimana, kamar 1, 2, dan 3 diarahkan menuju *power station* 1 (C1), sementara kamar 4, 5, dan 6 diarahkan menuju *power station* 2 (C2) yang merupakan *power station* terdekat. Waktu pengisian daya menggunakan *powerbank* dari kondisi baterai kurang dari 20% hingga penuh (100%) rata-rata memerlukan waktu sekitar 45 menit, dengan variasi antara 43 menit pada pengisian tercepat dan 48 menit pada pengisian terlama. Perbedaan ini dipengaruhi oleh tingkat awal daya baterai serta besar sisa daya yang ada pada *powerbank*.

Selain itu, dalam pengujian daya tahan, robot diuji untuk mengetahui seberapa lama dapat beroperasi dengan satu siklus baterai penuh sebelum harus mengisi ulang daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu beroperasi selama rata-rata 58 menit sebelum baterai turun ke bawah 20%. Rentang waktu operasional ini berkisar antara 56 hingga 61 menit, tergantung pada pola penggunaan energi yang dipengaruhi oleh faktor seperti beban kerja prosesor, navigasi, serta kondisi lingkungan tempat robot beroperasi. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa robot memiliki efisiensi daya yang cukup baik untuk tugas pengantaran dalam durasi operasional yang wajar sebelum perlu melakukan pengisian daya ulang. Kualitas komunikasi robot dengan jaringan *WiFi* juga menjadi faktor krusial dalam pengujian dinamis. Robot dapat beroperasi secara optimal ketika terhubung dengan jaringan yang stabil, dengan jarak ideal antara robot dan sumber jaringan *WiFi* berada dalam rentang kurang dari 8 meter. Pada jarak 8,5 hingga 10 meter, kualitas komunikasi mulai mengalami sedikit penurunan dengan jeda sesekali dalam penerimaan data. Jika jarak melebihi 10 meter, komunikasi antara robot dan jaringan menjadi tidak stabil kemudian terputus sepenuhnya. Oleh karena itu, dalam implementasi nyata, perlu diperhatikan penempatan sumber jaringan agar robot selalu berada dalam cakupan sinyal yang optimal untuk memastikan pengoperasian yang lancar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, sistem yang dirancang berhasil memenuhi tujuan utama dalam penelitian ini. Pengujian statis dan dinamis menunjukkan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, sehingga memungkinkan robot pengantar kopi untuk beroperasi secara optimal. Berdasarkan hasil pengujian, robot pengantar kopi berhasil menemukan jalur terdekat menuju *power station* untuk pengisian daya. Dengan menggunakan sensor warna TCS3200 untuk mengenali lokasi dan sistem navigasi berbasis ESP32, robot dapat secara otomatis menentukan *power station* terdekat berdasarkan kamar tujuan terakhirnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot secara konsisten dengan tingkat keberhasilan 100% memilih jalur optimal menuju *power*

station yang paling dekat ketika baterai mencapai level rendah, yaitu saat tegangan baterai kurang dari 10,5V (20%). Sistem ini juga mampu memantau status baterai secara real-time menggunakan sensor tegangan yang terhubung ke ESP32. Data kapasitas baterai ditampilkan di LCD dan dikirim melalui jaringan WiFi, memungkinkan pemantauan yang akurat. Saat tegangan baterai kurang dari 10,5V, robot secara otomatis menuju power station untuk mengisi daya menggunakan power bank. Pengujian menunjukkan bahwa waktu pengisian daya rata-rata adalah 45 menit, dengan daya tahan operasional sekitar 58 menit per siklus pengisian penuh. Selain itu, komunikasi antara ESP32 dan jaringan WiFi berjalan optimal dalam jarak kurang dari 8 meter, memastikan respon yang cepat dan akurat dalam pengambilan keputusan pengisian daya.

Berdasarkan hasil penelitian dan temuan selama proses pengujian, terdapat beberapa aspek yang masih dapat dikembangkan untuk meningkatkan kinerja sistem robot pengantar kopi. Untuk meningkatkan efisiensi pergerakan robot, disarankan penggunaan algoritma navigasi berbasis AI atau machine learning agar robot dapat menyesuaikan rute dengan perubahan lingkungan. Selain itu, akurasi sensor perlu ditingkatkan melalui kalibrasi rutin atau penggunaan sensor tambahan seperti LiDAR atau kamera vision guna memastikan deteksi posisi dan kemiringan lebih presisi. Mengingat waktu pengisian daya masih cukup lama dibandingkan dengan daya tahan operasional robot, diperlukan sistem fast charging atau penggunaan baterai dengan kapasitas lebih besar dan efisiensi daya yang lebih baik untuk mendukung kinerja robot yang lebih optimal. Untuk menjaga komunikasi yang stabil, dapat diterapkan jaringan mesh WiFi atau teknologi komunikasi alternatif seperti LoRa agar robot tetap dapat beroperasi tanpa gangguan. Selain itu, pengujian juga perlu dilakukan dalam berbagai kondisi operasional, seperti saat kapal sedang berlayar atau dalam pencahayaan berbeda, guna memastikan sistem bekerja dengan optimal di segala situasi.

REFERENSI

- Apriani, N. D., Rachmatullah, M. A., Sukanto, R., & Apriani, Y. (2018). Powerbank laptop portable sebagai sumber energi mobile. *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, 3(1), 205–212.
https://www.researchgate.net/publication/359428900_Powerbank_Laptop_Portable_s_ebagai_Sumber_Energi_Mobile
- Chapman, S. (2004). *Electric machinery fundamentals* (4th ed.). McGraw-Hill.
https://plcsitemiz.wordpress.com/wpcontent/uploads/2009/03/mcgrawhillelectric_machinery_fundamentals_4th_edition.pdf
- Chen, Y., & Liu, H. (2019). Challenges and opportunities in service robotics for maritime applications. *Journal of Maritime Research*, 155–168.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864823000883>
- Davis, M. (2023). Portable power solutions for autonomous robots: An emerging trend. *Robotics and Automation Review*, 112–124.
<https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-control-062322-100607>
- Fauzi, M., & Haryanto, H. (2018). Internet of Things: Implementasi dan tantangan di Indonesia. *Jurnal Informatika*, 59–67.
<https://www.kompasiana.com/nilaiintelektual/65345667edff763482504db5/penerapan-iot-di-indonesia-menakar-peluang-dan-tantangan>
- Georgiou, & Dai, J. (2010). Using a dual compass configuration with shaft encoders for self-localization of an autonomous maneuverable nonholonomic mobile robot. In *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics* (pp. 142–149).
<https://nms.kcl.ac.uk/core/wp-content/uploads/Kinematic-and-Robotics-Lab-Grants-and-Publication>
- Hartono, R., & Nizar, T. N. (2019). Speed control of a mobile robot using fuzzy logic controller. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662(2).
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/662/2/022063>
- Mardiati, R., Ashadi, F., & Sugihara, G. F. (2016). Rancang bangun prototipe sistem peringatan jarak aman pada kendaraan roda empat berbasis mikrokontroler Atmega32. *TELKA: Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, 53–61.
<https://telka.ee.uinsgd.ac.id/index.php/Telka/article/view/v2n1y16p7>
- Mulyanto, Y., Handani, F., & Hasmawati. (2020). Rancang bangun sistem informasi penjualan pada Toko OMG berbasis web di Kecamatan Empang Kabupaten Sumbawa. *Jurnal JINTEKS*, 2(1), 69–76.
<http://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/JINTEKS/article/view/560>
- Musyafa, A., & Ibrohim, M. (2013). Development of buck converter based fuzzy logic control in small scale wind turbine system implemented in East-Java. *Asian Journal of Natural & Applied Sciences*, 46–55.
https://www.academia.edu/106793170/Design_and_Implementation_of_Controller_Based_Buck_Boost_Converter_for_Small_Wind_Turbine

- Putra, A. R., & Nugroho, A. (2020). Implementasi sistem monitoring dan kontrol jarak jauh pada rumah pintar menggunakan ESP32. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 27–34. <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAEE/article//7585/2340>
- Rahman, M. F., Nantan, Y., & Alfira, W. S. (2022). Pemodelan kotak 3D menggunakan sensor MPU6050. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika*, 37–40. <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/3569>
- Roberts, A., & Thompson, D. (2022). Automation and digitalization in the hospitality and tourism industry: Trends and future directions. *Journal of Hospitality Management*, 315–329. https://www.researchgate.net/publication/351973016_Automation_and_artificial_intelligence_in_hospitality_and_tourism
- Romadhon, M. R., Amperawan, & Nawawi, M. (2023). Analisa ketepatan encoder pada sistem steering autonomous electric car metode pulse counter. *Jurnal Teliska*, 16(11), 16–22. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teliska/article/view/6881>
- Sari, M. I., Handayani, R., Siregar, S., & Isnu, B. (2018). Pemilah benda berdasarkan warna menggunakan sensor warna TCS3200. *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*, 85–90. <https://telka.ee.uinsgd.ac.id/index.php/TELKA/article/view/telka.v4n2.85-90/pdf>
- Satria, D., & Wati, L. (2019). Prototype robot lengan pemindah barang dengan kendali lengan manusia berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, 10(1), 2126–2134. <https://www.neliti.com/publications/424460>
- Smith, J. (2021). Enhancing passenger experience through robotics on cruise ships. *Cruise Industry Review*, 123–132. https://www.ewadirect.com/media/var/media/upload/vol_pdf/aemps/98.pdf
- Sonksank, M., Huda, Y., & Budayawan, K. (2015). Penerapan metode template matching dalam menganalisa cacat pada keping PCB. *Jurnal Vokasional Teknik Elektronika & Informatika*, 3(1), 185–194. <https://103.216.87.80/index.php/voteknika/article/view/5183>
- Subagyo, L. A., & Suprianto, B. (2017). Sistem monitoring arus tidak seimbang 3 fasa berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(3), 213–221. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-teknik-elektro/article/view/21224>
- Suprayitno, E., Widoretno, S., & Yufron, A. (2020). Rekayasa pintu geser otomatis dengan menggunakan sensor passive infrared (PIR). *Jurnal Qua Teknika*, 47–61. <https://www.researchgate.net/publication/374020725>
- Supriyanta, & Syafii, F. N. (2018). Pelayanan penumpang pada kapal pesiar MS Seabourn Encore oleh operasional keagenan PT Bahari Eka Nusantara Cabang Semarang. *Muara: Jurnal Manajemen Pelayaran Nasional*, 1(1), 17–23. <https://www.researchgate.net/publication/376706246>
- Taif, M., Abbas, M. H., & Jamil, M. (2019). Penggunaan sensor ACS712 dan sensor tegangan untuk pengukuran jatuh tegangan tiga fasa berbasis mikrokontroler dan modul GSM

- shield. *Jurnal PROtek*, 6(1), 42–47.
<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/protk/article/view/1009>
- Villagrossi, E., & Dinon, T. (2023). Robotics for electric vehicles battery packs disassembly. *Journal of Remanufacturing*, 355–379.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13243-023-00134-z>
- Wang, Y., & Zhao, L. (2022). Energy efficiency strategies for robotic systems in confined spaces. *Journal of Energy Systems Engineering*, 75–89. <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/18/4737>
- Xu, T. (2017). Performance evaluation of Li-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 193–203.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590116819300116>
- Yudha, P. F., & Sani, R. A. (2017). Implementasi sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor parkir mobil berbasis Arduino. *Jurnal Einstein: Jurnal Hasil Penelitian Bidang Fisika*, 19–26. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einsten/article/view/12002>
- Zhang, X., Li, Y., & Tan, K. C. (2020). Robotic delivery system and energy management for automated operations. *Journal of Automation and Smart Systems*, 12(4), 423–431.
[https://neptjournal.com/upload-images/NEPT23\(2\)2024Full_Issue](https://neptjournal.com/upload-images/NEPT23(2)2024Full_Issue)