



## Studi Rancang Bangun Prototipe Kapal Pariwisata Listrik Katamaran Asimetris untuk Penyebrangan Pulau Penyengat sebagai Transportasi Laut Ramah Lingkungan

Adam Adriansyah Putra<sup>1\*</sup>, Leo Anaris Sakti<sup>2</sup>, Galuh Dea Tiara Shandy<sup>3</sup>, Dimas Saputra<sup>4</sup>, Anggara Setya Dharma<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Program Studi Teknik Elektro

\*Penulis Korespondensi: [2201010049@student.umrah.ac.id](mailto:2201010049@student.umrah.ac.id)

**Abstract.** *The need for environmentally friendly marine transportation continues to increase, especially in tourist areas such as Penyengat Island, Tanjungpinang, Riau Islands. In the local context, the design of electric boats has not been widely developed for small islands in Indonesia, even though the potential and urgency for its application is very high. Geographical constraints, limited charging infrastructure, and a lack of technical data are the main obstacles. This research focuses on the design and construction of an electric-powered tourist boat prototype with an asymmetrical catamaran hull type as an effort to support a sustainable transportation system. The boat design applies an asymmetrical catamaran hull configuration to improve sailing stability and energy efficiency. The propulsion system is controlled via a wireless PS2 joystick integrated with an ESP32 microcontroller, supported by a 24V DC motor powered by lithium-ion batteries and solar panels as a supplement. Test results show that the boat can operate stably with remote control, good energy efficiency, and zero emissions during operation. Some technical challenges encountered include limited operational duration due to battery capacity and high sensitivity of electronic components to water exposure. Overall, this prototype has great potential for further development as an environmentally friendly alternative for maritime transportation system. The stable catamaran hull design provides advantages in terms of comfort and safety, especially in calm or shallow waters. The electric propulsion system used has proven to be efficient and responsive, supported by a remotecontrol mechanism that is easy to operate via a wireless joystick.*

**Keywords:** *Catamaran; Electric Boat; Electric Propulsion; Marine Transport; Tourism*

**Abstrak.** Kebutuhan akan transportasi laut yang ramah lingkungan terus mengalami peningkatan, khususnya di kawasan wisata seperti Pulau Penyengat, Tanjungpinang, Kepulauan Riau. Dalam konteks lokal, pendekatan desain kapal listrik belum banyak dikembangkan untuk wilayah kepulauan kecil di Indonesia, padahal potensi dan urgensi penerapannya sangat tinggi. Kendala geografis, keterbatasan infrastruktur pengisian daya, dan kurangnya data teknis menjadi hambatan utama. Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pembangunan prototipe kapal wisata berbasis listrik dengan tipe lambung katamaran asimetris sebagai upaya mendukung sistem transportasi berkelanjutan. Desain kapal menerapkan konfigurasi lambung katamaran asimetris guna meningkatkan stabilitas pelayaran dan efisiensi penggunaan energi. Sistem propulsi dikendalikan melalui joystick PS2 nirkabel yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32, serta didukung oleh motor DC 24V dengan sumber daya dari baterai lithium-ion dan panel surya sebagai pelengkap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapal dapat beroperasi secara stabil dengan kendali jarak jauh, efisiensi energi yang baik, serta bebas emisi selama pengoperasian. Beberapa kendala teknis yang ditemui antara lain terbatasnya durasi operasional akibat kapasitas baterai dan tingginya sensitivitas komponen elektronik terhadap paparan air. Secara umum, prototipe ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif transportasi laut ramah lingkungan di kawasan wisata pulau kecil. Secara keseluruhan, prototipe kapal katamaran *Goerindam Nav* telah menunjukkan kinerja yang baik sebagai model awal sistem transportasi laut berbasis listrik. Desain lambung tipe katamaran yang stabil memberikan keunggulan dari sisi kenyamanan dan keamanan pelayaran, terutama pada perairan tenang atau dangkal. Sistem propulsi listrik yang digunakan terbukti efisien dan responsif, serta didukung oleh mekanisme kendali jarak jauh yang mudah dioperasikan melalui joystick nirkabel.

**Kata kunci:** Kapal Listrik; Katamaran; Propulsi Listrik; Transportasi Laut; Wisata

## **1. LATAR BELAKANG**

Transportasi laut memiliki peran vital dalam menunjang konektivitas dan pariwisata di kawasan kepulauan seperti Tanjungpinang dan Pulau Penyengat, yang terkenal akan nilai sejarah dan budaya Melayu. Aktivitas wisata yang padat di wilayah ini bergantung pada moda transportasi laut konvensional berbahan bakar fosil, yang selain menghasilkan emisi karbon tinggi, juga menciptakan polusi suara dan biaya operasional yang fluktuatif. Dalam konteks perubahan iklim dan transisi energi bersih, muncul kebutuhan mendesak akan alternatif transportasi laut yang lebih berkelanjutan, seperti penggunaan kapal listrik berbasis baterai atau tenaga surya. Di berbagai negara maju, kapal wisata listrik telah mulai diterapkan untuk rute-rute pendek guna mengurangi jejak karbon sektor pariwisata maritim (Bratitsis et al., 2023; Minak, 2023).

Pengembangan kapal listrik khususnya untuk jalur pendek dinilai efisien karena keterbatasan kapasitas baterai saat ini justru sesuai dengan jarak tempuh yang relatif singkat, seperti rute Tanjungpinang–Penyengat yang hanya berkisar beberapa kilometer. Studi terdahulu menunjukkan bahwa integrasi sistem propulsi listrik pada kapal berukuran kecil menurunkan konsumsi energi hingga 40% dan menekan emisi hampir nol saat beroperasi (Kunicka & Litwin, 2019). Lebih jauh lagi, pemilihan desain lambung yang optimal, kombinasi motor efisiensi tinggi, serta sistem baterai lithium-ion yang sesuai dengan beban dan durasi pelayaran menjadi komponen penting dalam merealisasikan kapal wisata tanpa emisi. Aspek ergonomika, kenyamanan penumpang, serta daya tarik visual kapal juga memainkan peran penting dalam konteks pariwisata, tidak hanya dari sisi efisiensi energi (Rönnebrand, 2022).

Dalam konteks lokal, pendekatan desain kapal listrik belum banyak dikembangkan untuk wilayah kepulauan kecil di Indonesia, padahal potensi dan urgensi penerapannya sangat tinggi. Kendala geografis, keterbatasan infrastruktur pengisian daya, dan kurangnya data teknis menjadi hambatan utama. Padahal, dengan dukungan kebijakan energi bersih dan insentif transportasi ramah lingkungan, prototipe kapal listrik dapat berfungsi ganda sebagai wahana wisata sekaligus edukasi energi terbarukan. Pendekatan seperti ini terbukti berhasil di beberapa negara yang mengintegrasikan moda transportasi wisata berbasis listrik dengan nilai budaya lokal, sehingga memberikan manfaat ekonomi sekaligus ekologis (Brenna et al., 2020).

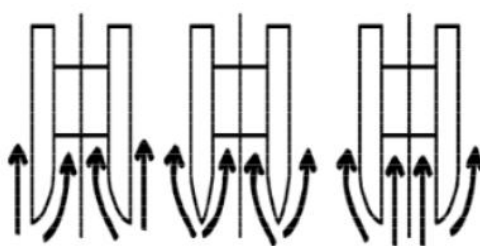
## 2. KAJIAN TEORITIS

### Kapal Wisata

Kapal wisata merupakan jenis kapal yang secara khusus dirancang untuk menunjang aktivitas pariwisata di wilayah perairan seperti danau, sungai, pesisir, dan pulau-pulau kecil. Desain kapal wisata tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis seperti stabilitas dan kecepatan, tetapi juga memperhatikan faktor kenyamanan, estetika, dan pengalaman pengguna. Kapal wisata biasanya memiliki dek terbuka, kabin penumpang dengan jendela besar, dan fasilitas pendukung wisata lainnya. Jenis kapal ini dapat berupa kapal kayu tradisional, kapal ponton modern, hingga kapal listrik. Aspek penting lain dalam perancangan kapal wisata adalah efisiensi bahan bakar, kapasitas penumpang, serta adaptabilitas terhadap kondisi geografis dan pasang surut setempat. Dalam perancangan lambung dan sistem penggeraknya, diperlukan pertimbangan yang cermat agar kapal tetap stabil dan efisien, terutama untuk perairan tenang dan rute pendek seperti di kawasan wisata bahari (Satoto et al., 2019; Sudiyono et al., 2018).

### Catamaran Hull

*Catamaran* merupakan kapal dengan dua lambung sejajar yang dirancang untuk memberikan kestabilan, efisiensi ruang, dan performa hidrodinamis yang lebih baik dibandingkan monohull. Salah satu inovasi desain yang berkembang adalah penggunaan lambung asimetris, yaitu bentuk kedua demi-hull tidak identik secara geometris. Pendekatan ini bertujuan untuk mengoptimalkan aliran fluida, mengurangi hambatan gelombang, serta menyesuaikan distribusi berat kapal. Desain asimetris dapat menurunkan total resistansi hingga lebih dari 10% dibanding konfigurasi simetris, khususnya pada kecepatan jelajah rendah hingga sedang (Iamshchikov et al., 2025). Konfigurasi asimetris juga dapat mengurangi efek interferensi dinamis antar lambung dan meningkatkan kestabilan kursus dalam berbagai kondisi gelombang (Honaryar et al., 2021). Pengaruh bentuk lambung terhadap distribusi beban struktural dan kekuatan material harus diperhitungkan secara teliti dalam desain *catamaran* wisata (Julianto et al., 2020). Gambar di bawah ini menunjukkan bentuk improvisasi aliran air saat melewati ketiga formasi tersebut (Chrismianto et al., 2014).



**Gambar 1.** Improvisasi Aliran Fluida Pada Katamaran

## Wireless Joystick Play Station 2

*Joystick* atau yang kerap disapa dengan stik adalah sebuah tuas kendali manual yang digunakan sebagai perangkat masukan ke mikrokontroler. Untuk mengoperasikannya diperlukan peran manusia. Dua modul utama yang membentuk *joystick PS2 wireless* adalah modul pemancar dan modul penerima. Modul pemancar bertugas sebagai sumber input dari pengguna, sementara modul penerima menangkap data dan meneruskannya ke mikrokontroler sebagai data kontrol. Dalam sistem *PlayStation*, *joystick* berkomunikasi menggunakan metode komunikasi serial sinkron, di mana data dikirimkan secara berurutan melalui jalur data tunggal yang disinkronisasi oleh sebuah *clock* utama. Modul penerima stik PS2 wireless memiliki sejumlah pin koneksi yang harus dihubungkan ke mikrokontroler agar komunikasi dapat terjadi. Komunikasi ini memastikan bahwa data tombol dapat diterjemahkan dengan akurat dan *real-time* ke dalam perintah perangkat lunak atau sistem kendali (Ananda Putra et al., 2024; Saputra & Muhaimin, 2022).



**Gambar 2.** Wireless Joystick PS

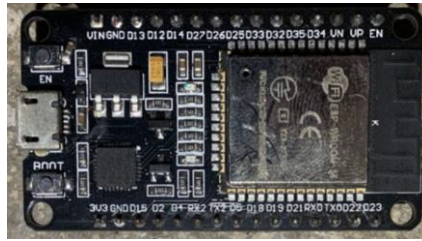


**Gambar 3.** Module Stick PS Wireless

## ESP32

ESP32 adalah modul mikrokontroler populer yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, yang banyak digunakan dalam proyek *Internet of Things (IoT)*. Modul ini memiliki kemampuan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* bawaan, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi IoT. Modul ini memiliki sekitar 30 hingga 38 pin GPIO, termasuk pin ADC, PWM, UART, I2C, dan SPI, yang memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator (Adrian Pramuditya et al.,

2023). Karena konsumsi dayanya yang efisien dan kemampuannya menjalankan tugas paralel, ESP32 sangat ideal untuk digunakan dalam sistem pemantauan dan kendali otomatis.



**Gambar 4.** ESP32

### Panel Surya 5V

Panel surya 5V merupakan perangkat pembangkit listrik berbasis fotovoltaiik yang digunakan untuk mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik bertegangan rendah sebesar 5 volt DC. Panel ini banyak digunakan dalam sistem elektronika portabel atau perangkat berbasis mikrokontroler karena kompatibel dengan *input* standar perangkat seperti Arduino, ESP32, atau sensor IoT. Dengan ukuran yang ringkas dan efisiensi cukup tinggi, panel ini cocok sebagai sumber daya mandiri dalam aplikasi monitoring jarak jauh, alat pengisian baterai kecil, serta sistem otomatisasi berbasis energi terbarukan. Dalam integrasinya dengan sistem mikrokontroler, panel ini biasanya dikombinasikan dengan modul pengatur tegangan dan sistem penyimpanan energi untuk menjaga kestabilan output (Gunoto et al., 2022; Khakim et al., 2023)



**Gambar 5.** Panel Surya 5V

### Driver L298N

L298N merupakan modul *driver* motor dual H-Bridge yang dirancang untuk mengendalikan arah dan kecepatan dua motor DC atau satu motor stepper secara bersamaan. Modul ini bekerja dengan cara menerima sinyal logika dari mikrokontroler melalui pin input (IN1-IN4), dan mengatur output motor melalui switching internal berbasis transistor. Dengan arus maksimum sekitar 2A per *channel* dan tegangan kerja hingga 46V, L298N cocok digunakan dalam berbagai aplikasi robotik, kendaraan otomatis, dan sistem mekanik kecil. Untuk mengontrol kecepatan, L298N menerima sinyal PWM melalui pin ENA dan ENB, yang

dapat disesuaikan untuk menghasilkan putaran motor yang lebih halus dan terkontrol. Penggunaan driver ini sangat populer karena kemudahan integrasinya dengan berbagai platform dan kestabilan dalam mengendalikan motor arus searah (Asih et al., 2018)



**Gambar 6.** Driver L298N

### **Motor DC 24V**

Motor DC 24 volt adalah motor listrik arus searah yang dirancang untuk beroperasi pada tegangan kerja 24 volt, dan banyak digunakan dalam aplikasi kendali otomatis, robotika, serta sistem mekanik berbasis mikrokontroler. Motor ini bekerja dengan prinsip elektromagnetik di mana arus listrik mengalir melalui kumparan untuk menghasilkan medan magnet yang menyebabkan rotor berputar. Dibandingkan dengan motor 12V, motor 24V memiliki keunggulan dalam hal efisiensi energi dan daya torsi yang lebih besar, sehingga cocok untuk penggerak beban menengah. Dalam implementasinya, motor ini biasanya dikendalikan menggunakan driver H-Bridge seperti L298N dan dapat dikontrol kecepatannya melalui teknik PWM dari mikrokontroler (Kiswantono et al., 2024; Santos & Nugroho, 2021).



**Gambar 7.** Motor DC 24V

### **Battery Lion**

Baterai lithium-ion (Li-ion) adalah baterai isi ulang berbasis teknologi elektrokimia yang banyak digunakan dalam perangkat elektronik portabel, sistem energi terbarukan, dan aplikasi berbasis mikrokontroler karena memiliki kepadatan energi yang tinggi, efisiensi tinggi, serta umur pakai yang panjang. Baterai ini bekerja melalui pergerakan ion litium antara elektroda positif (katoda) dan negatif (anoda) selama proses charge dan discharge. Tegangan nominal satu sel umumnya berkisar antara 3,6 hingga 3,7 volt, dan baterai ini dapat disusun secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan atau kapasitas sesuai kebutuhan sistem.

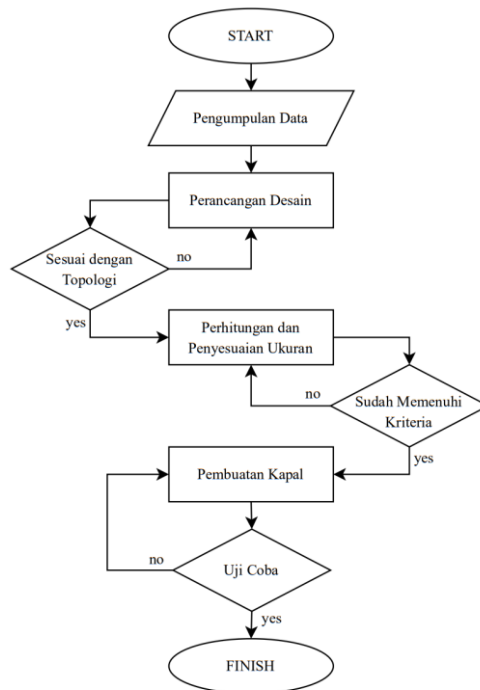
Dalam implementasinya, baterai Li-ion memerlukan sistem proteksi atau manajemen (BMS) untuk mencegah *overcharge*, *overdischarge*, dan korsleting, mengingat sifat kimianya yang cukup sensitif. Baterai Li-ion diuji secara eksperimental untuk memahami karakteristik daya dan responnya terhadap pembebanan yang bervariasi (Puji Cahyono et al., n.d.).



**Gambar 8.** Battery Lion

### 3. METODE PENELITIAN

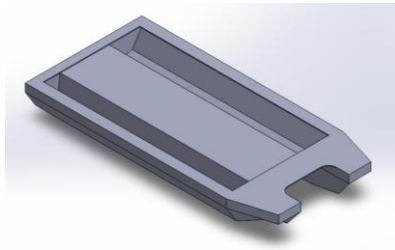
Dalam merancang dan membangun prototipe kapal katamaran, terdapat sejumlah tahapan penting yang harus dilalui secara berurutan. Proses dimulai dengan pengkajian literatur dan informasi terkait kapal wisata, dilanjutkan dengan perancangan desain teknis, serta pembuatan prototipe berdasarkan desain tersebut. Tahapan akhir dari proses ini adalah pengujian prototipe untuk mengevaluasi performa dan kesesuaian desain. Berikut merupakan alur penelitian yang disajikan dalam bentuk flowchart.



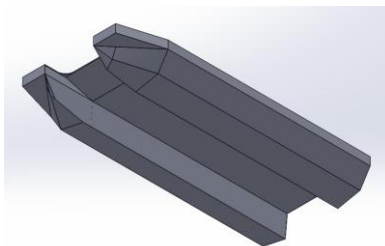
**Gambar 9.** Flowchart rancang bangun prototipe kapal katamaran

## **Desain dan Perhitungan**

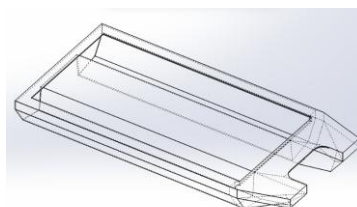
Dalam perancangan prototipe kapal ini, digunakan tipe katamaran sebagai bentuk lambung utama. Pemilihan model katamaran didasarkan pada keunggulannya dalam memberikan stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan kapal jenis monohull, sehingga sangat mendukung aspek kenyamanan dan keselamatan penumpang selama perjalanan. Stabilitas menjadi faktor kunci pada kapal wisata yang beroperasi di perairan terbuka dengan kemungkinan terpaan gelombang. Model katamaran yang diadopsi adalah tipe asimetris, di mana kedua lambung tidak sepenuhnya identik, dengan bagian dalam dirancang lurus untuk mengoptimalkan aliran fluida dan efisiensi ruang. Seluruh desain kapal, termasuk konfigurasi lambung, dek, dan kompartemen penumpang, dibuat menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk memastikan presisi dimensi dan kemudahan dalam proses manufaktur prototipe.



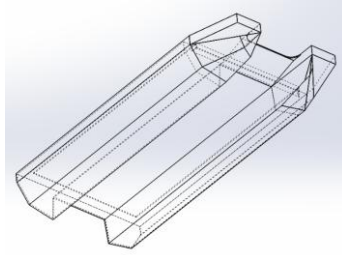
**Gambar 10.** Desain Lambung Kapal Tampak Atas



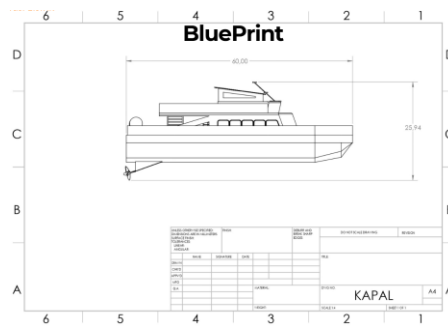
**Gambar 11.** Desain Lambung Kapal Tampak Bawah



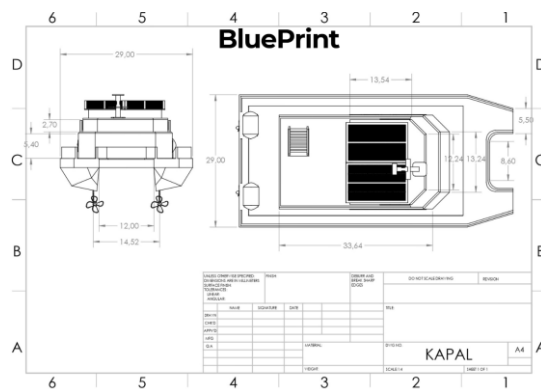
**Gambar 12.** Wireframe Lambung Kapal Tampak Atas



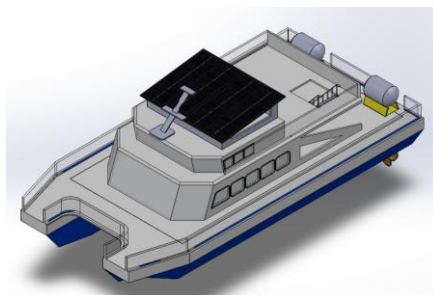
**Gambar 13.** Wireframe Lambung Kapal Tampak Bawah



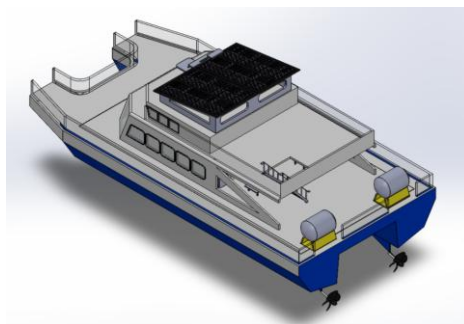
**Gambar 14.** Blueprint Kapal Goerindam Nav (1)



**Gambar 15.** Blueprint Kapal Goerindam Nav (2)



**Gambar 16.** Desain 3D Kapal Goerindam Nav (1)



**Gambar 17.** Desain 3D Kapal Goerindam Nav (2)

**Tabel 1.** Ukuran Kapal

Panjang kapal	Lebar kapal	Draft kapal	Koefisien blok	Massa jenis air laut	Volume air yang dipindahkan oleh kapal	Berat kapal
L	B	T	Cb	$\rho$	V	W
					$= L \times B \times T \times Cb$	$= \rho \times V$
0,60 m	0,29 m	0,0515 m	0,5	1.025 kg/m <sup>3</sup>	$= 0,60 \times 0,29 \times 0,0515 \times 0,5$	$= 1.025 \times 0,00448$
					$= 0,00448 \text{ m}^3$	$= 4,59 \text{ kg}$

**Tabel 2.** Komponen Parameter Perancangan

Bentuk lambung	Mesin	Material
Asimetris dengan bagian dalam lurus	Motor DC 24V	Triplek + Fiber

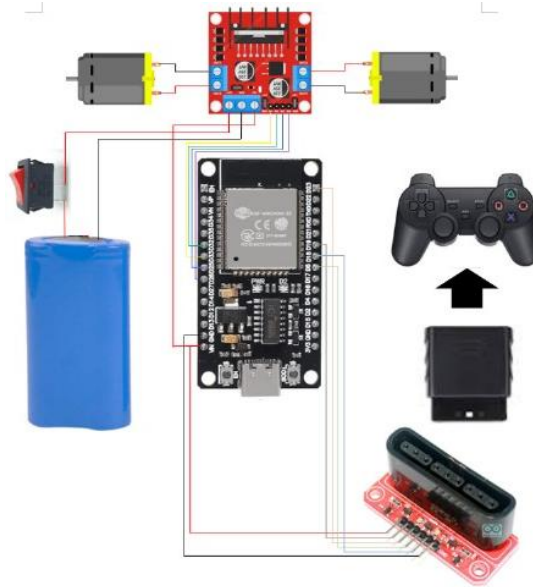
**Tabel 3.** Konsumsi Daya

Tegangan Total	Kapasitas	Energi Total	Estimasi Lama Pemakaian
$= \text{Tegangan Baterai} \times \text{Jumlah Baterai}$ $= 3,7 \times 4$ $= 14,8 \text{ V}$	2,6 Ah	$= \text{Tegangan Total} \times \text{Kapasitas}$ $= 14,8 \times 2,6$ $= 38,48 \text{ Wh}$	$= \text{Total Energi} / \text{Total Beban}$ $= 38,48 \times 40$ $= 0,96 \text{ jam} \approx 55 - 60 \text{ menit}$

### Skematik dan Blok Diagram

Dalam pengembangan sistem propulsi dan kendali pada prototipe kapal katamaran Goerindam NAV, digunakan serangkaian komponen elektronik yang saling terintegrasi untuk memastikan kinerja kapal yang efisien dan responsif. Adapun rangkaian skematik dan blok diagram dirancang untuk merepresentasikan hubungan antar komponen utama, meliputi

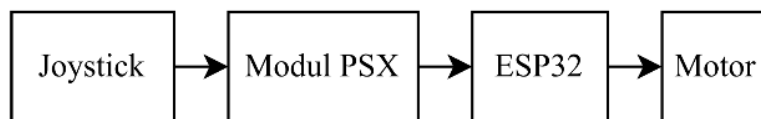
mikrokontroler ESP32, motor DC, modul power supply (PS), driver motor L298N, serta baterai Li-ion sebagai sumber energi utama.



**Gambar 18.** Skematik Kapal Goerindam NAV

**Tabel 4.** Konfigurasi pin

VCC	GND	IN1	IN2	IN3	IN4	DAT	CMD	ATT	CLK
5V	GND	D33	D32	D25	D28	D19	D23	D5	D18



**Gambar 99.** Blok Diagram Kapal Goerindam NAV

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil



**Gambar 20.** Kapal Goerindam Nav

Goerindam Nav adalah sebuah nama yang merepresentasikan perpaduan antara kearifan masa lalu dan visi masa depan. Nama ini berasal dari kata *Goerindam*, varian ejaan dari *Gurindam* sebuah bentuk puisi klasik dalam tradisi sastra Melayu yang sarat dengan nilai moral, nasihat bijak, dan petuah kehidupan. Pemilihan nama ini mencerminkan kedalaman budaya Kepulauan Riau yang kaya akan tradisi lisan, sastra, dan kearifan lokal. Kata “Nav” dalam Goerindam Nav membawa dua makna yang saling melengkapi: pertama, *Nautica*, yang menggambarkan dunia kelautan dan kehidupan maritim sebagai identitas masyarakat kepulauan; dan kedua, *Navigation*, yang mengacu pada inovasi teknologi dalam sistem navigasi modern dan otonom—sebagai lambang kemajuan dan efisiensi transportasi laut masa kini.

Goerindam Nav diibaratkan sebagai sebuah “puisi yang berlayar”—kapal yang tidak hanya bergerak secara fisik dari satu pulau ke pulau lain, tetapi juga membawa pesan simbolik bahwa teknologi sejatinya harus berpijak pada nilai dan budaya. Ia bukan sekadar kapal otonom, melainkan representasi dari jembatan yang menghubungkan pulau, peradaban, dan tradisi. Identitas visual kapal ini diperkuat dengan pemilihan warna yang mengandung makna filosofis mendalam:

- a. Putih, melambangkan niat baik, kesucian, dan kebersihan—sebagai perwujudan itikad luhur kapal ini.
- b. Kuning, mencerminkan kebesaran dan kehormatan, yang erat kaitannya dengan simbol kemegahan dalam budaya Melayu.
- c. Abu-abu, menggambarkan kesederhanaan dan ketenangan, serta menghadirkan elemen kerahasiaan atau fungsi kamuflase dalam konteks modern.
- d. Biru, sebagai simbol lautan, kedamaian, dan keterikatan dengan alam—memperkuat identitas maritim serta ketenangan dalam pelayaran.

## Pembahasan

Pada tahap ini dijelaskan secara menyeluruh proses perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe kapal listrik tipe katamaran asimetris yang dirancang sebagai sarana transportasi laut ramah lingkungan untuk menunjang aktivitas pariwisata, khususnya di kawasan Tanjungpinang–Pulau Penyengat. Proses pembuatan diawali dengan perancangan lambung kapal bertipe katamaran yang dipilih karena memiliki keunggulan dari segi stabilitas dan efisiensi hambatan air dibandingkan dengan tipe monohull. Desain ini mengutamakan kenyamanan penumpang dan kestabilan kapal, khususnya saat beroperasi di perairan dangkal dan tenang. Struktur lambung dibuat dari material yang ringan namun kuat, dengan bentuk

asimetris pada masing-masing sisi untuk menghasilkan daya dorong yang seimbang saat dipadukan dengan sistem propulsi listrik di kedua sisi kapal.

Setelah proses pembuatan lambung selesai, dilanjutkan dengan serangkaian pengujian bertahap. Pengujian pertama adalah uji kebocoran, yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sambungan dan struktur lambung kedap air. Pengujian ini dilakukan dengan merendam sebagian lambung dalam kolam, lalu diamati apakah terdapat rembesan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sambungan telah terpasang dengan baik dan tidak ditemukan adanya kebocoran. Pengujian berikutnya adalah uji komponen elektronik, yang dilakukan secara terpisah sebelum dipasang ke badan kapal. Setiap komponen diuji untuk memastikan fungsinya berjalan optimal dan bebas dari kerusakan atau potensi hubungan pendek. Uji ini mencakup pengujian konektivitas antara transmitter PS2 (joystick nirkabel) dan receiver adapter PS2 yang terhubung ke mikrokontroler. Setelah koneksi berhasil dan seluruh perintah dari joystick dapat diterjemahkan dengan tepat oleh sistem, maka seluruh komponen siap untuk dirangkai ke dalam struktur kapal.

Tahap terakhir adalah pengujian sistem secara keseluruhan, yaitu uji operasional kapal pada kolam atau perairan tenang menggunakan kendali jarak jauh. Pengguna mengoperasikan kapal melalui joystick PS2 *wireless* yang mengirimkan sinyal ke *receiver*, lalu diterjemahkan oleh mikrokontroler untuk mengaktifkan motor kiri dan kanan secara proporsional melalui sinyal PWM. Arah dan kecepatan kapal dapat dikendalikan dengan menekan tombol navigasi pada *joystick*, sehingga kapal dapat bergerak maju, mundur, berbelok kiri atau kanan, dan bahkan bermanuver dengan radius putar yang relatif kecil. Penggunaan joystick nirkabel memberikan kenyamanan dan fleksibilitas karena tidak memerlukan kabel fisik, serta memungkinkan pengoperasian dari jarak aman.

Berdasarkan hasil pengujian akhir, kapal dapat beroperasi dengan stabil, memiliki kemampuan manuver yang baik, dan sistem propulsi listrik menunjukkan efisiensi daya yang tinggi. Motor listrik memberikan respons instan dan torsi besar, serta beroperasi tanpa emisi dan suara bising seperti pada kapal berbahan bakar fosil. Namun, beberapa keterbatasan teknis ditemukan dalam sistem ini. Pertama, jangkauan kontrol *joystick* PS2 relatif terbatas dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta interferensi sinyal. Kedua, durasi operasional kapal sangat tergantung pada kapasitas baterai, sehingga pengisian ulang perlu dilakukan secara berkala. Untuk penggunaan dalam skala yang lebih besar atau jarak tempuh yang lebih jauh, sistem penyimpanan daya perlu didesain ulang dengan kapasitas lebih besar. Selain itu, kelembaban dan paparan air laut menjadi tantangan tersendiri bagi sistem elektronik, sehingga

diperlukan penerapan pelapisan tahan air (waterproofing) yang lebih baik guna menjaga keandalan sistem dalam lingkungan maritim.

## 5. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, prototipe kapal katamaran *Goerindam Nav* telah menunjukkan kinerja yang baik sebagai model awal sistem transportasi laut berbasis listrik. Desain lambung tipe katamaran yang stabil memberikan keunggulan dari sisi kenyamanan dan keamanan pelayaran, terutama pada perairan tenang atau dangkal. Sistem propulsi listrik yang digunakan terbukti efisien dan responsif, serta didukung oleh mekanisme kendali jarak jauh yang mudah dioperasikan melalui joystick nirkabel. Kombinasi dari aspek desain, kendali, dan efisiensi energi menjadikan kapal ini sebagai solusi transportasi laut yang ramah lingkungan dan aplikatif untuk wilayah kepulauan. Dengan potensi pengembangan lebih lanjut, kapal ini tidak hanya relevan untuk mendukung aktivitas pariwisata di kawasan seperti Pulau Penyengat, tetapi juga merepresentasikan penerapan nyata dari energi bersih dan teknologi kelistrikan terapan di sektor maritim Indonesia.

## DAFTAR REFERENSI

- Adrian Pramuditya, I. M., Raka Agung, I. G. A. P., & Rahardjo, P. (2023). Rancang bangun alat uji periferan ESP32 DEVKIT V1 - DOIT 30 PIN. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(4), 340. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2023.v10.i04.p39>
- Ananda Putra, F., Finawan, A., & Mauliza, Y. (2024). Rancang bangun alat pengutip brondolan sawit dengan menggunakan joystick berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Tektro*, 8(2), 185–190.
- Asih, M. S., Hasibuan, A. Z., & Syahputri, N. I. (2018). Pendingin otomatis akuarium menggunakan mikrokontroler. *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 1(1), 66–70. <https://doi.org/10.34012/jutikomp.v1i1.327>
- Bratitsis, M., Panou, M., Papandreou, M., & Kyzalas, S. K. (2023). Electro-mobility in small islands. <https://www.researchgate.net/publication/374948251>
- Brenna, M., Bucci, V., Falvo, M. C., Foadelli, F., Ruvio, A., Sulligoi, G., & Vicenzutti, A. (2020). A review on energy efficiency in three transportation sectors: Railways, electrical vehicles and marine. *Energies*, 13(9), 2378. <https://doi.org/10.3390/en13092378>
- Chrismianto, D., Berlian, A. A., & Sobirin, Y. (2014). Pengaruh variasi bentuk hull kapal catamaran terhadap besar hambatan total menggunakan CFD. *Jurnal Teknologi Maritim*, 11(2), 99–105.

- Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). Perancangan alat sistem monitoring daya panel surya berbasis Internet of Things. *SIGMA TEKNIKA*, 5(2), 285–294. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4555>
- Honaryar, A., Ghiasi, M., Liu, P., & Honaryar, A. (2021). A new phenomenon in interference effect on catamaran dynamic response. *International Journal of Mechanical Sciences*, 190, 106041. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.106041>
- Iamshchikov, E., Janutenienė, J., Mažeika, P., Mickevičienė, R., Villa, D., Zapnickas, T., & Djakov, V. (2025). Optimizing catamaran hull form for resistance reduction: Methodology and case study. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(6), 1160. <https://doi.org/10.3390/jmse13061160>
- Julianto, R. I., Muttaqie, T., Adiputra, R., Hadi, S., Govinda Hidajat, R. L. L., & Prabowo, A. R. (2020). Hydrodynamic and structural investigations of catamaran design. *Procedia Structural Integrity*, 27, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.07.013>
- Khakim, L., Sulasmoro, A. H., & Afriliana, I. (2023). Alat peringatan volume septic tank dan netralisasi kadar sewer gas berbasis mikrokontroler dan teknologi panel surya. *Jurnal Sistem Komputer*, 12(1). <https://doi.org/10.34010/komputika.v12i1.7538>
- Kiswantonono, A., S, Y. A., & A, M. A. M. (2024). Fuzzy control innovation: Optimizing DC motor performance with solar energy. *JTECS: Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem dan Komputer*, 4(1), 31. <https://doi.org/10.32503/jtecs.v4i1.4687>
- Kunicka, M., & Litwin, W. (2019). Energy demand of short-range inland ferry with series hybrid propulsion depending on the navigation strategy. *Energies*, 12(18), 3499. <https://doi.org/10.3390/en12183499>
- Minak, G. (2023). Solar energy-powered boats: State of the art and perspectives. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), 1519. <https://doi.org/10.3390/jmse11081519>
- Puji Cahyono, T., Hardianto, T. H., & Kaloko, B. S. K. (n.d.). Pengujian karakteristik baterai lithium-ion dengan metode fuzzy dengan beban bervariasi. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Rönnebrand, J. (2022). Development of an electric day boat concept. *Chalmers University of Technology*. [www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)
- Santos, S. P., & Nugroho, R. M. W. (2021). Rancang bangun alat pintu geser otomatis menggunakan motor DC 24 V. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 9(1). <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2022.v09.i04.p4>
- Saputra, H. T., & Muhaimin, A. (2022). Robot pemindah benda dengan kendali joystick PS2 wireless berbasis Wemos. *Jurnal Ilmu Komputer*, 11(2). <https://doi.org/10.33060/JIK/2021/Vol11.Iss2.280>
- Satoto, S. W., P, N. A., & Saputra, H. (2019). Perbandingan teknis ukuran utama dan hambatan kapal pada lambung kapal wisata Pulau Petong. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(1), 20–26. <https://doi.org/10.30871/jatra.v1i1.1336>
- Sudiyono, Soim, S., & Arfianto, A. Z. (2018). Perancangan kapal wisata danau dengan sistem penggerak paddle wheel dan baterai (accu) sebagai sumber energi. *Jurnal Teknologi Maritim*, 1–10. <https://doi.org/10.35991/jtm.v1i1.419>