

PERANCANGAN SISTEM KENDALI PROTOTIPE KAPAL PARIWISATA BERBASIS ARDUINO UNO

Muhammad Fiqri Al Hafiz¹, Bukhari^{2*}, Muhammad Razi²

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur,
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buket Rata

*Penulis Koresponden: bukhari@pnl.ac.id

Abstrack

Penelitian ini membahas perancangan sistem kendali prototipe kapal pariwisata berbasis Arduino Uno dengan integrasi motor brushless, ESC, servo, baterai LiPo, serta joystick PS2 sebagai pengendali jarak jauh. Latar belakang penelitian berangkat dari kebutuhan pengembangan transportasi laut, khususnya sektor pariwisata, yang menuntut sistem kendali lebih efisien dan adaptif. Metodologi penelitian meliputi perancangan rangkaian elektronik, pemrograman Arduino, serta pengujian performa kapal. Hasil uji menunjukkan sistem kendali bekerja sesuai perancangan, dengan respon kendali stabil, kecepatan rata-rata 0,75 m/s ($\pm 1,45$ knots), serta daya tahan baterai efektif 60–90 menit. Secara keseluruhan, penelitian berhasil membuktikan bahwa sistem kendali berbasis Arduino Uno dapat diimplementasikan pada kapal skala kecil. Sistem ini berfungsi baik dalam uji fungsional dan layak digunakan sebagai prototipe kapal pariwisata. Meski demikian, terdapat beberapa keterbatasan, seperti jangkauan kendali maksimal 18–19 meter dan komponen yang belum tahan air. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penggunaan komponen berkapasitas lebih tinggi, pelindung kedap air, serta penambahan fitur seperti failsafe, GPS, dan sensor penghindar rintangan agar kapal lebih andal serta dapat dikembangkan ke skala kapal sesungguhnya.

Kata kunci : Arduino Uno, Kapal Prototipe, Sistem Kendali, Motor Brushless, Baterai LiPo, Joystick PS2, Kapal Pariwisata

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau, sehingga transportasi laut memiliki peranan vital dalam mobilitas, perdagangan, dan pariwisata [1]. Dalam konteks pariwisata, kapal menjadi sarana utama yang mendukung aktivitas wisata bahari, mulai dari island hopping, penyelaman, hingga ekowisata laut [2]. Oleh karena itu, inovasi dalam sistem kendali kapal menjadi kebutuhan mendesak agar operasional lebih efisien dan aman. Kompetisi Kontes Kapal Indonesia (KKI) yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional merupakan ajang bergengsi untuk menguji inovasi mahasiswa dalam bidang teknologi maritim [3][4]. Ajang ini mendorong pengembangan kreativitas, keterampilan teknis, dan penerapan ilmu pengetahuan ke dalam proyek nyata. Dengan adanya ajang tersebut, rancangan prototipe kapal pariwisata berbasis sistem kendali modern menjadi relevan dan bermanfaat untuk pengembangan akademik sekaligus industri. Dalam penelitian ini, sistem kendali kapal dirancang berbasis Arduino Uno dengan integrasi joystick PS2 sebagai remote, motor brushless DC sebagai penggerak utama, ESC sebagai pengatur kecepatan, serta servo motor untuk pengendali arah [5][6]. Perangkat keras ini didukung baterai LiPo yang menyuplai daya pada sistem, sehingga kapal dapat beroperasi dalam durasi tertentu.

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem kendali prototipe kapal pariwisata yang mampu

bergerak maju, mundur, dan bermanuver dengan stabil. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi performa sistem kendali dari aspek jangkauan kendali, daya tahan energi, dan kecepatan kapal [7].

1.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat Merancang sistem kendali prototipe kapal pariwisata dengan menggunakan Arduino dan *Remote Control* dengan *Joystick* PS2 untuk mengontrol pergerakan kapal.
2. Dapat merencanakan sistem komunikasi yang sesuai antara operator dengan kapal prototipe
3. Dapat melakukan pengujian performa dan menganalisa kinerja sistem kendali kapal prototipe.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberlakukan adalah:

1. Penelitian ini hanya dilakukan sampai prototipe kapal saja.
2. Arduino Uno digunakan dalam perancangan sistem kendali prototipe kapal.
3. *Remote control* yang digunakan *Joystick* PS2.
4. Uji performa kapal sesuai dengan pedoman KKI 2024.

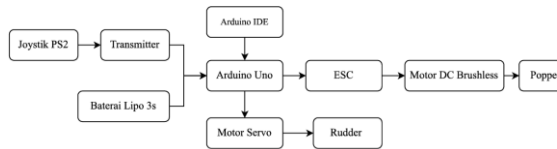
2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, Pelaksanaan penelitian ini dimulai sejak penetapan proposal dan dilakukan di dua lokasi. Tahap perancangan sistem kendali prototipe kapal pariwisata dilaksanakan di Laboratorium Otomasi Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe, sedangkan tahap pengujian performa kapal dilakukan di Tambak Udang Buket Rata, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh.

2.2 Prosedur Penelitian

Perancangan sistem kendali kapal pariwisata ini didukung oleh beberapa perangkat keras, yaitu joystick PS2 wireless sebagai pengendali utama, Arduino Uno sebagai pusat kontrol yang diprogram melalui Arduino IDE, serta Electronic Speed Controller (ESC) untuk mengatur kecepatan motor. Tenaga penggerak kapal menggunakan motor DC brushless untuk laju maju dan mundur, sedangkan motor servo menggerakkan rudder sebagai pengendali arah. Seluruh sistem memperoleh suplai energi dari baterai LiPo 3S sebagai sumber daya utama. Seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Blok Kapal

3.2.1 Perencanaan remote control

Dalam perancangan sistem, pemilihan motor brushless dilakukan berdasarkan spesifikasi kebutuhan kecepatan kapal pariwisata yang sesuai, dengan acuan data pada Tabel 1 hasil referensi dari toko daring. Setelah jenis motor ditentukan, tahap berikutnya adalah memilih komponen elektrik pendukung seperti ESC dan servo dengan memperhatikan kapasitas maksimum motor agar sistem bekerja optimal dan terhindar dari kerusakan. Misalnya, pada motor dengan kecepatan 2450 rpm dan baterai 11,1 V, pemilihan ESC serta servo harus memperhatikan batas arus maksimal 25 A. Jika spesifikasi komponen melebihi batas tersebut, maka kinerja motor maupun ESC akan menurun dan tidak optimal.

Tabel 1. Spesifikasi motor DC Brushless RC Boat [8]

Order No.	Model	Motor size	Shaft size	Weight	KV (rpm/v)	Pmax Power	Battery	Prop	Ri(M Ω)	ESC
283008	D2830-08	ø28*30mm	ø3.17*45mm	52g	1300	275W	2-4Li-Po	9x6/7x3	0.075	30A
283011	D2830-11				1000	210W		10x7/8x4	0.127	
283012	D2830-12				850	187W		11x7/8x6	0.136	
283014	D2830-14				750	185W		12x6/9x6	0.192	

2.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Dalam sistem kendali prototipe kapal pariwisata ini, Arduino Uno berperan sebagai pusat pengendali yang mengatur seluruh proses input-output. Arduino menerima perintah dari joystick PS2 wireless, kemudian mengolah sinyal untuk mengendalikan motor brushless DC melalui ESC dan servo motor pada kemudi. Dengan dukungan Arduino IDE, sistem dapat diatur secara real-time untuk mengatur kecepatan, arah, serta manuver kapal. Motor yang digunakan terdiri dari motor brushless DC sebagai penggerak utama dan servo motor MG996R sebagai aktuator kemudi. Motor brushless memberikan daya dorong untuk laju maju maupun mundur, sedangkan servo mengatur sudut rudder dengan kontrol presisi berbasis sinyal PWM. Integrasi keduanya memungkinkan kapal bergerak stabil, responsif, dan menyerupai sistem propulsi kapal sesungguhnya. Sistem komunikasi menggunakan modul PS2 wireless berbasis frekuensi 2,4 GHz, sehingga perintah dari pengguna dapat dikirim secara real-time tanpa kabel. Seluruh komponen disuplai oleh baterai LiPo 3S untuk motor dan servo, serta baterai 9V untuk Arduino dan receiver. Distribusi daya diatur agar sesuai kebutuhan tiap komponen, termasuk penggunaan step-down regulator untuk servo. Dengan tambahan proteksi seperti heatsink, casing waterproof, serta perawatan rutin, sistem dapat berfungsi lebih stabil dan aman dalam pengoperasian.

2.4 Prosedur Pengujian

2.4.1 Pengujian Kendali Jarak Jauh

Prosedur pengujian dilakukan dengan menempatkan kapal pada titik awal berjarak 0 meter dari operator yang berdiri tetap di satu posisi. Kapal kemudian dikendalikan menjauh dalam lintasan lurus, Spesifikasi sistem kendali dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2. Spesifikasi Sistem Kontrol kapal [9]

Komponen	Spesifikasi
Remote	Joystick PS2 Wireless (3rd-party/kompatibel dengan Arduino & mikrokontroler)
Receiver	Modul RX PS2 Wireless (2.4 GHz, menggunakan konektor 9-pin header)
Frekuensi	2.4 GHz ISM band
Metode komunikasi	RF (Radio Frequency) berbasis sistem polling antara transmitter dan receiver
Antena kapal	PCB Antenna (tertanam di receiver) atau bisa dimodifikasi ke antena eksternal
Jarak jangkauan desain	±10 meter dalam kondisi terbuka tanpa halangan
Tegangan Operasional	3.3V – 5V

Sementara pada interval jarak tertentu (10 m, 20 m, 30 m, dan seterusnya hingga sinyal hilang) diberikan

perintah sederhana seperti maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan untuk mengamati respons kapal serta mencatat adanya delay. Pengujian ini diulang sebanyak tiga kali untuk memastikan akurasi hasil. Pada jarak maksimal di mana sinyal masih dapat diterima, dilakukan pengukuran serta observasi terhadap aktifnya sistem failsafe ketika sinyal hilang.

2.4.2 Pengujian Daya Tahan Baterai

Prosedur pengujian dilakukan dengan menempatkan kapal pada posisi diam, sementara operator melakukan pemantauan melalui laptop yang terhubung dengan Arduino IDE. Setelah kode pada throttle disetting ke 1300%, motor diaktifkan bersamaan dengan stopwatch untuk memulai pencatatan data. Pengambilan data dilakukan pada interval waktu tertentu (0, 5, 10, 15, 20, 30, 60, dan 90 menit), meliputi pengukuran suhu motor menggunakan Thermo Gun serta tegangan baterai yang disuplai ke motor. Semua hasil dicatat secara sistematis, kemudian pengujian diulang sesuai waktu yang ditentukan. Dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Spesifikasi Sistem Kontrol Kapal[10]

Komponen	Spesifikasi
Tipe Baterai	Joystick PS2 <i>Wireless</i> (3rd-party/kompatibel dengan Arduino & mikrokontroler)
Tegangan Nominal	11,1 V (3 × sel LiPo @ 3,7 V per sel)
Kapasitas	4200 mAh → 4,2 Ah
Arus Kontinu	± 25 C → kira-kira 105 A
Beban Rata-rata	Motor DC Brushless + Arduino + Servo
Penggunaan ESC	30A programmable <i>brushless</i> ESC
Tipe Baterai	Lithium Polymer (LiPo), konfigurasi 3S

2.4.3 Pengujian Kecepatan

Prosedur pengujian dilakukan dengan meletakkan kapal pada garis start lintasan lurus sepanjang 20 meter untuk memastikan jalur uji stabil dan bebas hambatan. Kapal dijalankan dari posisi diam dengan throttle maksimum guna mengetahui performa akselerasinya. Stopwatch diaktifkan saat kapal mulai bergerak dan dihentikan ketika melewati garis finish 20 meter, sehingga waktu tempuh dapat dicatat. Kecepatan rata-rata kapal dihitung menggunakan rumus $v = s/t$, yaitu jarak tempuh 20 meter dibagi waktu hasil pengujian. Spesifikasinya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

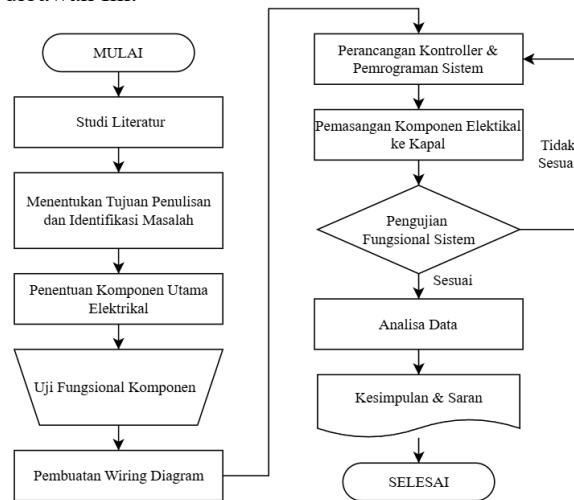
Tabel 4 Spesifikasi Komponen Utama[11]

Komponen	Spesifikasi
Dimensi Kapal	29,4 cm x 82,9 cm
Motor Penggerak	Motor DC <i>Brushless</i> 1400 KV
ESC	30A <i>Brushless</i> ESC
Propeller	2-Blade 35mm, Metal
Baterai	Li-Po 11.1 V, 4200 mAh
Berat Total	±5 kg

Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk memperoleh data yang lebih akurat.

2.5 Diagram Alir

Tahapan penyelesaian dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan gambar 2 diagram alir dibawah ini.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

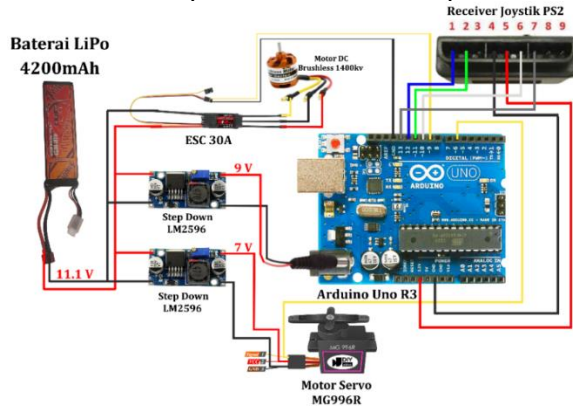
3.1 Hasil uji fungsional komponen-komponen sistem kendali

Pengujian Arduino Uno dilakukan secara sistematis untuk memastikan kinerjanya dalam sistem kendali kapal prototipe. Tahap awal dimulai dengan pemeriksaan fisik board untuk memastikan tidak ada kerusakan pada pin maupun jalur PCB. Selanjutnya, Arduino dihubungkan ke komputer melalui kabel USB dan diuji dengan program sederhana guna memastikan komunikasi perangkat keras dan perangkat lunak berjalan normal. Setiap pin digital dan analog kemudian diuji menggunakan multimeter, disertai pengujian komunikasi serial untuk memastikan data dapat dikirim dan diterima dengan benar. Dari hasil pengujian, Arduino Uno R3 berfungsi dengan baik dan siap digunakan. Pengujian joystick PS2 wireless sebagai transmitter dilakukan dengan menghubungkannya ke modul penerima (receiver) sesuai wiring diagram, lalu diintegrasikan dengan Arduino Uno. Program sederhana digunakan untuk membaca sinyal dari tombol dan analog stick, kemudian hasil pembacaan ditampilkan melalui monitor serial. Setiap tombol ditekan dan stick digerakkan ke berbagai arah untuk memastikan nilai output sesuai dengan input. Hasilnya menunjukkan joystick merespons dengan baik tanpa delay signifikan, sehingga dapat digunakan sebagai perangkat kendali utama kapal prototipe.

3.2 Sistem komunikasi transmitter, kontroler dan aktuator

3.2.1 Perancangan keseluruhan komponen sistem kendali kapal

Pada wiring diagram pada Gambar 3 dibawah ini dijelaskan bahwasanya bagaimana mengaitkan keseluruhan komponen sistem kendali kapal:

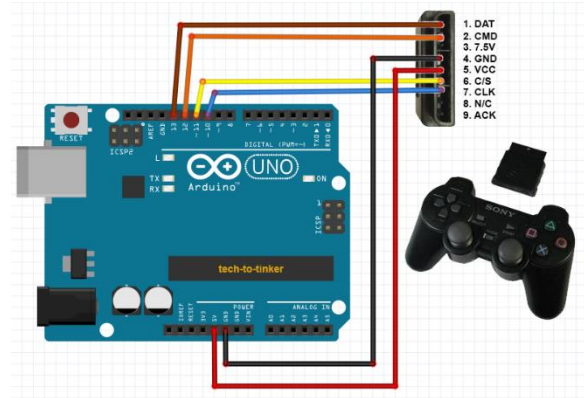


Gambar 3 Wiring Diagram Komponen Utama Sistem Kendali Kapal

Sistem kendali prototipe kapal pariwisata ini menggunakan baterai LiPo 3S 11,1 V 4200 mAh sebagai sumber daya utama yang didistribusikan ke beberapa komponen melalui modul Step Down LM2596 agar tegangan sesuai dengan kebutuhan perangkat. Tegangan baterai disalurkan langsung ke ESC 30A untuk menggerakkan motor brushless DC, diturunkan menjadi 9 V untuk menyuplai daya ke servo MG996R, dan diset 7 V untuk memberi daya pada Arduino Uno R3. Arduino berfungsi sebagai pusat pengendali sistem dengan menerima input dari receiver joystick, kemudian mengolah sinyal untuk mengatur kecepatan motor brushless melalui ESC serta posisi kemudi kapal melalui servo. Dengan konfigurasi ini, setiap perangkat memperoleh suplai daya yang stabil sehingga sistem dapat bekerja aman dan optimal. Alur kerja sistem dimulai dari joystick PS2 wireless yang mengirimkan perintah gerakan ke Arduino. Perintah tersebut kemudian diproses dan diterjemahkan menjadi sinyal PWM ke ESC pada pin digital 9 untuk mengatur putaran motor brushless serta sinyal PWM ke servo MG996R pada pin digital 6 untuk mengatur sudut rudder. Modul step down memastikan setiap komponen menerima tegangan yang tepat, sementara joystick memiliki fungsi tombol khusus, seperti Start untuk mengaktifkan motor, Select untuk memamatkannya, Segitiga sebagai emergency stop, Kotak untuk reset, serta analog kanan untuk mengatur throttle dan analog kiri untuk mengendalikan arah kemudi. Dengan integrasi ini, sistem kendali kapal dapat beroperasi secara responsif, stabil, dan aman dalam berbagai kondisi pengujian.

3.2.2 Arduino Uno ke Joystick

Pada wiring diagram yang ditunjukkan secara detail pada Gambar 4 dibawah ini dijelaskan bahwasanya bagaimana mengaitkan kabel dari Arduino ke Receiver agar terkoneksi sebagai berikut:



Gambar 4 Wiring Diagram Joystick to Arduino Uno

Wiring antara joystick PS2 wireless dengan Arduino Uno terdiri atas beberapa jalur utama, yaitu GND dan VCC untuk suplai daya 3.3 V, serta jalur komunikasi serial berbasis SPI. Pin ATT/CS (Attention/Chip Select) digunakan Arduino untuk memanggil joystick agar siap berkomunikasi, yang dihubungkan ke pin digital 11. Selanjutnya, pin CLK (Clock) berfungsi memberikan sinyal sinkronisasi komunikasi dan dihubungkan ke pin digital 10 pada Arduino Uno. Jalur komunikasi data terdiri dari pin CMD (MOSI) sebagai jalur data dari Arduino ke joystick untuk mengirim perintah, terhubung ke pin digital 12, dan pin DAT (MISO) sebagai jalur data dari joystick ke Arduino untuk menerima informasi, terhubung ke pin digital 13. Dengan konfigurasi wiring ini, komunikasi dua arah antara joystick dan Arduino dapat berjalan stabil, sehingga setiap input dari joystick dapat diterjemahkan secara real-time untuk mengendalikan motor brushless maupun servo pada prototipe kapal.

3.2.3 Struktur Utama Program Arduino IDE

Program sistem kendali kapal prototipe ini menggunakan dua library utama, yaitu `PS2X_lib.h` untuk membaca input joystick dan `Servo.h` untuk mengendalikan ESC motor serta servo kemudi. Pada tahap awal, dilakukan deklarasi pin dan variabel kendali, di mana ESC terhubung pada pin digital 9 dan servo pada pin digital 6, dengan batas sinyal PWM mulai dari throttle minimum, idle, hingga maksimum. Selanjutnya, proses kalibrasi ESC dilakukan pada bagian `setup()` dengan memberikan sinyal maksimum dan minimum agar motor dapat mengenali rentang throttle yang digunakan. Setelah itu, joystick PS2 diinisialisasi dan diverifikasi koneksinya melalui fungsi `config_gamepad`, serta status koneksi ditampilkan pada Serial Monitor. Fungsi kontrol utama mencakup tombol START untuk mengaktifkan motor pada kondisi idle, SELECT untuk mematikan motor, serta tombol TRIANGLE dan SQUARE masing-masing berfungsi sebagai emergency stop dan reset sistem. Untuk pengaturan throttle, nilai sumbu Y pada analog kanan (`PSS_RY`) dibaca lalu dikonversi menjadi sinyal PWM yang dikirim ke ESC, sedangkan sumbu X analog kiri (`PSS_LX`) digunakan untuk mengatur sudut kemudi melalui servo. Program juga

dilengkapi fitur monitoring koneksi joystick untuk memastikan kestabilan komunikasi, dan apabila terjadi gangguan, sistem akan mencoba menghubungkan ulang secara otomatis. Dengan logika ini, kapal dapat dikendalikan secara responsif, stabil, serta aman selama pengoperasian.

3.3 Hasil Pengujian Sistem Kendali Kapal

3.3.1 Performa Kendali Jarak Jauh

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak efektif kendali remote pada prototipe kapal pariwisata, dengan mengoperasikan kapal dari jarak dekat hingga sinyal terputus. Setiap percobaan dicatat berdasarkan stabilitas koneksi, respon kendali, serta jarak saat terjadi gangguan atau putusnya sinyal. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini

Tabel 5 Hasil Pengujian Jangkauan Sinyal pada Joystick

Percobaan	Jarak	Respon Kapal	Keterangan
1	1 - 5 Meter	Stabil	Lancar
2	5 - 10 Meter	Stabil	Lancar
3	10 - 15 Meter	Stabil	Lancar
4	15 - 18 Meter	Stabil	Lancar
5	19 Meter	Tidak stabil	Koneksi tidak lancar
6	>19 Meter	Tidak stabil	Koneksi Terputus

Hasil pengujian menunjukkan sistem kendali kapal stabil dan responsif pada jarak 1–18 meter. Pada jarak 19 meter koneksi mulai tidak stabil, dan di atas jarak tersebut sinyal terputus sehingga kapal tidak dapat dikendalikan. Dengan demikian, jangkauan efektif sistem kendali maksimal adalah 18 meter.

3.3.2 Daya Tahan Baterai

Pengujian daya tahan baterai dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan baterai dalam menyuplai daya terhadap sistem penggerak kapal prototipe pada beban kerja tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati penurunan tegangan baterai, kestabilan performa throttle, serta perubahan suhu motor selama penggunaan dalam jangka waktu tertentu. Data diambil secara berkala setiap 5 menit, dimulai dari kondisi baterai penuh hingga menunjukkan penurunan performa yang signifikan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6 Hasil Pengujian Daya Tahan Baterai

Per cob aan	Wa ktu (me nit)	Tega ngan Bate rai (V)	Thro ttle (%)	Suhu Motor (°C)	Keteran gan Kondisi Visual Baterai
1	0	11.1	0	30.6	Awal pengujian, baterai penuh
2	5	11.04	1300	33.9	Tegangan Baterai masih stabil
3	10	10.89	1300	38.7	Performa daya baterai mulai menurun
4	15	10.94	1300	46.9	Suhu motor mulai meningkat
5	20	10.74	1300	45.8	Performa daya baterai menurun
6	30	10.63	1300	49.5	Suhu Motor mulai meningkat
7	60	10.42	1300	50.3	Performa Baterai Menurun
8	90	9.32	1300	57.6	Baterai mulai lemah dan habis

Berdasarkan hasil pengujian daya tahan baterai pada prototipe kapal, terlihat bahwa tegangan baterai mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan bertambahnya waktu pengoperasian. Pada awal pengujian, baterai dalam kondisi penuh dengan tegangan 11,1 V dan suhu motor masih relatif rendah, yaitu 30,6°C. Hingga menit ke-15, tegangan baterai masih berada di atas 10,9 V dengan kondisi performa stabil, meskipun suhu motor mulai meningkat. Memasuki menit ke-30 hingga 60, tegangan baterai terus menurun hingga 10,42 V, sementara suhu motor meningkat mencapai 50,3°C. Pada menit ke-90, tegangan turun drastis menjadi 9,32 V dengan suhu motor mencapai 57,6°C, yang menandakan bahwa baterai sudah dalam kondisi lemah dan tidak mampu lagi menyuplai daya secara optimal.

3.3.3 Kecepatan Kapal

Pengujian kecepatan kapal dilakukan di lintasan 20 meter untuk mengevaluasi performa sistem penggerak dan kendali. Setiap uji mencatat jarak, waktu tempuh, kecepatan, serta kondisi khusus yang terjadi. Data ini digunakan untuk menilai stabilitas, respons kemudi, dan konsistensi kecepatan kapal pada berbagai situasi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7 Hasil Pengujian Kecepatan Kapal.

Percobaan	Jarak Tempuh (s)	Waktu Tempuh (t)	Kecepatan (m/s)	Keterangan Visual
1	20 m	27.5	0.72	Awal pengujian, air tenang
2	20 m	28.8	0.69	Kesalahan arah manuver kapal
3	20 m	24.8	0.80	Kapal berjalan lurus stabil
4	20 m	26.1	0.76	Kapal berjalan lurus dan sedikit berbelok -
5	20 m	25.1	0.79	Kapal berjalan sesuai arah lurus
6	20 m	25.8	0.77	Kapal berjalan sesuai arah lurus
Rata-rata	20 m	26.35	0.75	Pengujian dilakukan sesuai yang diharapkan

Hasil pengujian kecepatan kapal pada lintasan 20 meter menunjukkan waktu tempuh rata-rata 26 detik dengan kecepatan rata-rata 0,75 m/s. Variasi kecepatan dipengaruhi oleh manuver, seperti pada percobaan ke-2 yang mengalami kesalahan arah, sementara percobaan ke-3 dan ke-5 menunjukkan laju lebih stabil. Secara keseluruhan, prototipe kapal mampu bergerak konsisten dan stabil pada kondisi perairan tenang, dengan kecepatan berkisar antara 0,69–0,80 m/s.

3.4 Pembahasan

Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis Arduino Uno R3 dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Seluruh tombol dan analog stick pada joystick mampu menjalankan

fungsinya dengan baik, mulai dari mengaktifkan motor, emergency stop, reset, hingga pengaturan throttle dan kemudi. Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak terbukti berjalan dengan baik, meskipun sempat ditemukan kendala pada receiver joystick pertama yang mengalami kerusakan dan perlu diganti. Dari hasil uji jarak, prototipe kapal dapat dikendalikan dengan stabil hingga jarak 18 meter dengan koneksi yang lancar. Pada jarak 19 meter mulai terjadi ketidakstabilan, dan pada jarak lebih dari 19 meter koneksi terputus sepenuhnya. Hal ini menunjukkan bahwa jangkauan efektif sistem kendali berada pada 1–18 meter. Keterbatasan ini kemungkinan disebabkan oleh daya pancar transmitter joystick dan sensitivitas receiver, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan penggunaan modul komunikasi dengan jangkauan yang lebih luas seperti modul Radio Frekuensi. Daya tahan baterai menunjukkan pada awal pengujian baterai berada pada kondisi penuh dengan tegangan 11,1 V, dan suhu motor 30,6°C, kemudian tegangan baterai mulai menurun secara bertahap dari 11,04 V pada menit ke-5 hingga 9,32 V pada menit ke-90, kemudian suhu motor meningkat dari 33,9°C menjadi 57,6°C; kondisi ini menandakan bahwa semakin lama waktu penggunaan, performa daya baterai berangsur menurun yang ditandai dengan penurunan tegangan, peningkatan suhu motor, serta visualisasi bahwa baterai mulai lemah hingga akhirnya habis.

4. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai perancangan sistem kendali prototipe kapal pariwisata berbasis Arduino Uno.
- Sistem kendali yang dirancang menggunakan Arduino Uno dengan integrasi motor brushless, ESC, servo, baterai LiPo, dan komunikasi radio dapat berfungsi dengan baik untuk mengendalikan kapal prototipe.
- Kapal prototipe mampu bergerak stabil dengan respon kendali yang baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata yang dicapai adalah 0.75 m/s atau sekitar 1.45 knots.
- Uji daya tahan baterai memperlihatkan bahwa baterai LiPo 3S 11,1 V 4200 mAh bekerja optimal hingga sekitar 60 menit dengan tegangan stabil di atas 10,4 V dan suhu motor masih aman. Setelah itu performa menurun signifikan, ditandai tegangan turun hingga 9,32 V pada menit ke-90. Dengan demikian, waktu operasi efektif baterai berada pada rentang 60–90 menit sebelum perlu diganti atau diisi ulang.
- Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa sistem kendali berbasis Arduino Uno dapat diimplementasikan pada kapal skala kecil dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menuju sistem kendali kapal pariwisata yang sesungguhnya.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. P. A. Kamajaya and A. C. Edgar, "Peran Imigrasi dalam Perkembangan Migrasi di Indonesia," *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, vol. 24, no. 2, pp. 1077–1086, 2024.
- [2] S. E. Nurhidayati *et al.*, *Pesona Pariwisata Indonesia: Potensi, Pengembangan, dan Inovasi Membangun Destinasi Pariwisata Indonesia*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2025.
- [3] P. Ricardianto, S. Nasution, M. A. Naiborhu, and W. Triantoro, "Peluang dan Tantangan Sumber Daya Manusia dalam Penyelenggaraan Pelabuhan Cerdas (Smart Port) Nasional di Masa Revolusi Industri 4.0," *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 32, no. 1, pp. 59–66, 2020.
- [4] DIKTI | Riset dan Inovasi, "Kontes Kapal Indonesia 2024," Puspresnas. Accessed: Feb. 25, 2025. [Online]. Available: <https://pusatprestasinasional.kemdikbud.go.id/vent/riset-dan-inovasi/dikti/kontes-kapal-indonesia-2024-2023-dikti>
- [5] S. T. , M. S. E. M. Abiratno, *PUT MANDIRI & UNGGUL: PRAKTIK BAIK DI LIMA POLITEKNIK*. Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, 2018.
- [6] F. Alrahman, "RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI PERAHU LISTRIK MENGGUNAKAN REMOTE CONTROL," 2023, *Diakses pada*.
- [7] A. Syafiq, A. Wiyono, M. Syariffuddien Zuhrie, and L. Rakhmawati, "Pemodelan Sistem Kontrol Stabilizer PWM Motor Thruster Menggunakan Electric Speed Controller Pada Prototipe Autonomous Tourism Surface Vessel Berbasis PID 237 Pemodelan Sistem Kontrol Stabilizer PWM Motor Thruster Menggunakan Electric Speed Controller Pada Prototipe Autonomous Tourism Surface Vessel Berbasis PID."
- [8] F. Eddyono, *Pengelolaan destinasi pariwisata*. Uwais Inspirasi Indonesia, 2021.
- [9] FX.Arianto Setyawan, Sri Ratna Setyawan, and Afri Yudamson, *Dasar Sistem Kendali*. Bandar Lampung: CV.Anugrah Utama Raharja (AURA) Anggota IKAPI No.003/LPU/2013, 2013.
- [10] S. T. Muhammad Razi and S. T. Bukhari, *Teknik Kontrol Automatik*. Penerbit Andi, 2020.
- [11] L. Pradigta *et al.*, "Rancang Bangun Prototipe Kapal Elektrik Dengan Sistem Kendali Jarak Jauh," 2023.