

Perancangan Mikrokontroler *Remote Control* Boat Pada *Autonomous Surface Vehicle*

1st Abdul Azis

Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

azisfit@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dadan Nur Ramadan

Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dadannr@telkomuniversity.ac.id

3rd Asep Mulyana

Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

asepmulyana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Indonesia sebagai negara maritim dengan sumber daya laut yang melimpah. Dengan luas lautan mencapai 5,8 juta km² dan garis pantai 81.000 km, Indonesia memiliki potensi kekayaan laut yang besar. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya tersebut, diperlukan inovasi teknologi perkapalan yang memadai, terutama dalam konteks *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*. Pada proyek akhir ini di fokuskan pada perancangan Hardware Boat menggunakan *Raspberry Pi* dan *Arduino Uno* sebagai sistem pengendali utama, serta dilengkapi dengan kamera untuk deteksi warna di sekitarnya, Data yang diperoleh dari sensor ini menjadi input bagi mikrokontroler untuk mengatur kemudi (arah) dan kecepatan pada *Electronic Speed Control (ESC)* dan motor *Brushless*. Hasil dari pengujian Boat menunjukkan bahwa sistem kendali manual dapat bekerja dengan baik dan mode *autonomous* dapat melalui wahana bola merah dan hijau. Selisih antara tegangan terukur dan perhitungan berkisar antara 2-14%, yang menunjukkan bahwa *ESC* berfungsi dengan akurasi yang baik, dan daya yang dihasilkan sesuai dengan yang di harapkan. Penggunaan Baterai *Li-ion 4S* dengan kapasitas 5200mAh dan tegangan 16.8V dapat menyediakan daya yang cukup untuk semua komponen yang digunakan pada Boat. Semua komponen utama seperti *Raspberry pi*, *Arduino Uno*, baterai, *ESC*, dan Motor *Brushless* berfungsi dengan baik secara individu maupun sebagai dari sistem keseluruhan.

Kata kunci— *Autonomous Surface Vehicle, Raspberry Pi, Arduino Uno, Motor brushless, Electronic Speed Control, Sistem Kendali.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas lautan sekitar 5,8 juta km² dan memiliki garis pantai sepanjang 81.000 km. Garis pantai ini produktif terpanjang kedua di dunia. Hal ini membuat potensi kekayaan laut Indonesia melimpah. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya tersebut perlu didukung dengan tersedianya fasilitas berupa kapal atau bangunan apung lainnya dengan teknologi yang memadai, berkesinambungan agar produk yang dihasilkan memenuhi sesuai dengan kebutuhan laut Indonesia [1].

Autonomous Surface Vehicle (ASV) adalah kapal tanpa awak yang dapat bergerak secara otomatis dari satu lokasi ke lokasi lain tanpa memerlukan campur tangan manusia. Salah satu fitur penting dari *ASV* adalah

kemampuannya untuk menghindari rintangan, sehingga kapal dapat bergerak dengan bebas tanpa mengalami tabrakan. *ASV* menggunakan sensor untuk mendeteksi jarak antara objek atau rintangan dengan kapal, dan informasi ini digunakan sebagai input bagi kontroler. Kontroler kemudian mengatur kemudi dan kecepatan kapal untuk memastikan pergerakan yang aman dan bebas dari tabrakan [2].

Proyek akhir ini di fokuskan untuk merancang perangkat keras untuk mengontrol Boat sebagai *Autonomous Surface Vehicle*, kapal ini menggunakan *Raspberry Pi* dan *Arduino Uno* sebagai sistem pengendali utama, serta dilengkapi dengan berbagai teknologi sensor dan aktuator untuk navigasi otomatis di atas permukaan air. *ASV* ini menggunakan kamera untuk deteksi warna di sekitarnya, Data yang diperoleh dari sensor ini menjadi input bagi mikrokontroler untuk mengatur kemudi dan kecepatan. Pengendali aktuator utamanya adalah *Electronic Speed Control (ESC)* dan motor *Brushless*, yang digunakan untuk melakukan manuver pada kapal. Salah satu aspek kunci dalam perancangan ini adalah memastikan kapal mampu menghindari rintangan dan bergerak bebas tanpa bertabrakan.

II. KAJIAN TEORI

A. *Autonomous surface vehicle*

Autonomous Surface Vehicle (ASV) adalah kapal tanpa awak yang dapat bergerak secara otomatis dari satu lokasi ke lokasi lain tanpa memerlukan campur tangan manusia. Salah satu fitur penting dari *ASV* adalah kemampuannya untuk menghindari rintangan, sehingga kapal dapat bergerak dengan bebas tanpa mengalami tabrakan. *ASV* menggunakan sensor untuk mendeteksi jarak antara objek atau rintangan dengan kapal, dan informasi ini digunakan sebagai input bagi kontroler. Kontroler kemudian mengatur kemudi dan kecepatan kapal untuk memastikan pergerakan yang aman dan bebas dari tabrakan [2]. Keunggulan dari *Autonomous Surface Vehicle* adalah untuk melakukan misi atau tugas secara otonom tanpa memerlukan campur tangan manusia secara langsung.

B. *Raspberry pi*

Raspberry Pi adalah alat yang praktis dan kompak dengan fungsi yang kompleks, cocok untuk berbagai kebutuhan sebagai mikrokontroler. *Raspberry Pi* adalah sebuah *Single*

Board Computer (SBC) yang seukuran kartu kredit dan dilengkapi dengan semua komponen yang diperlukan untuk berfungsi sebagai komputer lengkap. Menggunakan sistem SOC (*System-on-a-Chip*) berbasis ARM, *Raspberry Pi* mengintegrasikan semua komponen penting di atas papan sirkuit (PCB).

Raspberry Pi mampu beroperasi layaknya komputer biasa, dengan kemampuan untuk menjalankan sistem operasi Linux serta aplikasi seperti LibreOffice, multimedia (audio dan video), peramban web, dan berbagai program lainnya [3].

C. Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328 (*datasheet*). Board ini dilengkapi dengan 14 pin input/output digital, di mana 6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 6 pin lainnya untuk input analog. *Arduino UNO* juga memiliki osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack power, ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) header, dan tombol reset. Untuk mengoperasikan *Arduino UNO*, Anda hanya perlu menghubungkan board ke komputer menggunakan kabel USB atau menyuplai daya melalui adaptor AC-DC atau baterai. Ini memungkinkan *Arduino UNO* untuk menjalankan berbagai aplikasi dan proyek dengan mudah. [8].

D. Electronic speed control (ESC)

Electronic Speed Control (ESC) adalah perangkat driver yang dirancang untuk mengendalikan motor *brushless*, seperti pada thruster yang sering digunakan dalam bidang aeronautika atau kendaraan *remote control* (RC). ESC berfungsi untuk mengatur kecepatan putar motor *brushless* berdasarkan sinyal yang diterimanya dari pengontrol. Setiap modul ESC biasanya digunakan untuk mengendalikan satu motor *brushless thruster* [9].

E. Baterai Li-ion

Baterai Li-ion (Lithium-ion) adalah perangkat penyimpanan energi yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik, yang sangat penting untuk perangkat elektronik. Dengan adanya baterai, perangkat elektronik dapat digunakan secara efisien tanpa perlu terhubung langsung ke sumber listrik, memungkinkan penggunaan di berbagai tempat.

Baterai harus memiliki energy density (kepadatan energi) dan power density (kepadatan daya) yang tinggi untuk performa yang optimal. Baterai lithium-ion adalah teknologi penyimpanan energi yang paling banyak digunakan saat ini, terutama pada perangkat yang mengandalkan baterai sebagai sumber daya utama. Keunggulan baterai lithium-ion meliputi energy density dan power density yang besar, efisiensi tinggi, tidak terpengaruh oleh efek memori, serta siklus hidup yang relatif lama [10].

F. Motor Brushless M060 Deepwater Thruster

Motor Brushless M060 Deepwater Thruster adalah jenis motor listrik yang dirancang khusus untuk digunakan di lingkungan air dalam atau dalam aplikasi di bawah air. Berbeda dengan motor listrik konvensional yang menggunakan sikat untuk menghubungkan bagian stasioner dan berputar dari motor, motor *brushless* tidak memiliki sikat tersebut. Sebagai gantinya, motor *brushless* menggunakan elektronika dan sensor untuk mengontrol komutasi dan

putaran rotor, yang membuatnya lebih efisien, lebih andal, dan memerlukan perawatan yang lebih sedikit daripada motor konvensional. *Motor Brushless M060 Deepwater Thruster* khususnya, seperti namanya, mungkin dirancang untuk operasi di kedalaman yang lebih dalam dan mungkin memiliki fitur-fitur khusus seperti tahan air dan tahan tekanan yang tinggi

G. Kamera

Kamera merupakan komponen integral dalam sistem Autonomous Surface Vehicle (ASV) karena berfungsi sebagai sensor visual utama. Dalam konteks ini, kamera dapat dianggap sebagai analogi "mata" ASV, yang penting untuk navigasi dan pengambilan informasi visual lainnya di sekitar perairan. Penggunaan kamera pada ASV tidak hanya memungkinkan untuk navigasi, tetapi juga untuk memotret objek dan mendeteksi warna di permukaan air.

H. Pulse width modulation

Pulse Width Modulation (PWM) adalah teknik yang digunakan untuk mengontrol kekuatan atau daya dengan mengatur besarnya tegangan yang diterapkan. Teknik ini melibatkan pengiriman sinyal dalam bentuk pulsa, di mana lebar pulsa atau durasi aktifnya ditentukan untuk mengontrol besarnya tegangan yang diterima oleh perangkat. Dengan cara ini, PWM dapat mengatur kekuatan atau kecepatan perangkat secara efisien [11].

PWM menggunakan pulsa daya yang diatur waktunya untuk memberi tahu motor seberapa cepat harus berputar, berdasarkan masukan dari pengontrol katup gas. Pengontrol katup gas mengirimkan sinyal ke mikrokontroler ESC yang memberi tahu seberapa banyak tegangan yang harus diambil dari baterai dan disalurkan ke motor [12].

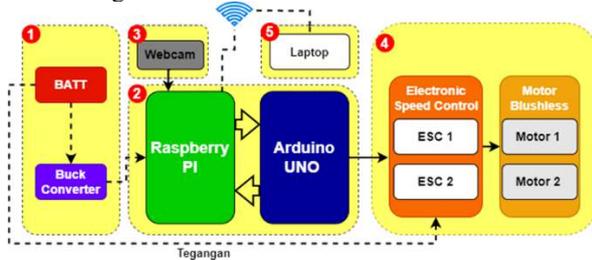
III. METODE

A. Deskripsi Proyek Akhir

Proyek Akhir ini bertujuan untuk merancang *Autonomous Surface Vehicle* yang menggunakan mikrokontroler sebagai platform utama untuk kapal yang mampu beroperasi secara otonom di permukaan air. ASV ini akan dilengkapi dengan komponen seperti kamera, *Raspberry Pi*, *Arduino Uno*, *Electronic Speed Control* (ESC), dan *Motor Brushless*.

Dalam merancang perangkat keras, kita perlu memikirkan beberapa hal penting. Pertama, ada bagian elektronika, di mana kita merancang komponen-komponen seperti baterai, driver motor, dan sistem kontrol menggunakan mikrokontroler serta menyusun kabel-kabelnya. Selanjutnya, dalam perancangan perangkat lunak, kita harus menangani pengambilan data dari kamera dan merancang sistem kontrol, baik yang manual maupun otomatis. Terakhir, perancangan mekanik melibatkan pembuatan struktur fisik kapal dan penempatan komponen elektronik di dalamnya.

B. Blok Diagram Sistem



GAMBAR 1
Blok Diagram Sistem ASV

Gambar 3.7 menampilkan blok diagram sistem keseluruhan pada *Remote Control Boat Autonomous Surface Vehicle*, Bagian-bagian dari blok Diagram diatas memiliki fungsi masing-masing sebagai berikut:

1. Suplai Daya

Berfungsi sebagai sumber daya untuk semua komponen di dalam ASV. Baterai ini memberikan listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan semua sistem elektronik.

2. Mikrokontroler

Raspberry Pi digunakan sebagai server untuk meneruskan data ke laptop dan *Arduino Uno* berfungsi untuk mengatur sinyal PWM.

3. Webcam

Kamera pada ASV berfungsi sebagai sensor visual untuk mendeteksi warna di sekitar kapal. Informasi yang didapat dari Webcam akan digunakan untuk deteksi warna atau identifikasi.

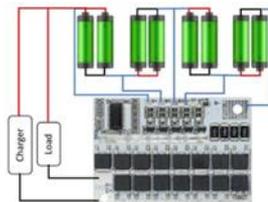
4. Aktuator

Komponen aktuator pada Boat terdiri dari dua *Electronic Speed Control (ESC)* dan dua motor *brushless*. ESC berfungsi untuk mengatur kecepatan motor brushless, yang kemudian digerakkan sesuai dengan data yang diperoleh dari webcam. Dengan konfigurasi ini, motor brushless dapat dioperasikan secara efektif untuk menggerakkan Boat sesuai dengan informasi visual yang didapatkan.

5. Laptop

Berfungsi sebagai pusat pengolahan utama dari sistem kapal otonom dan menerima data dari *Raspberry Pi* melalui alamat IP. Di laptop, data ini akan diolah lebih lanjut untuk navigasi, pengambilan keputusan, atau tugas lain yang diperlukan dalam pengendalian kapal autonomous, serta untuk menampilkan data yang diperoleh oleh ASV selama operasional sistem berjalan.

C. Baterai Li-ion



GAMBAR 2
Rangkaian Baterai

Gambar 2 merupakan rangkaian Baterai Li-ion, Baterai Li-ion (Lithium-ion) merupakan salah satu teknologi baterai yang paling umum digunakan dalam aplikasi penyimpanan energi, terutama karena kemampuannya untuk menyimpan energi dalam bentuk kimia dan mengonversinya menjadi

energi listrik secara efisien. Pada gambar 3.8 terlihat diagram rangkaian baterai yang telah dirakit dan akan digunakan pada *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*, berikut perhitungan dari tegangan dan kapasitas baterai:

$$V_{tot} = \text{Tegangan nominal baterai} \times \text{Jumlah seri} \quad (1)$$

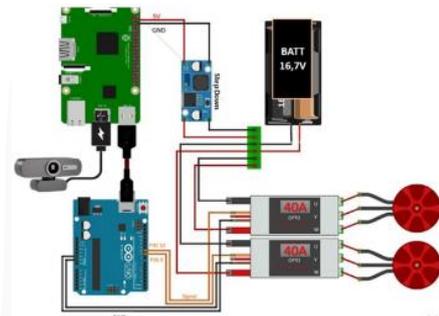
$$\text{Kapasitas total} = \text{Kapasitas baterai} \times \text{Jumlah parallel} \quad (2)$$

D. Buck Converter

Buck converter adalah komponen penting dalam pengaturan tegangan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sumber baterai Li-ion yang memiliki tegangan 16,7 Volt menjadi tegangan 5 Volt. Tegangan 5 Volt ini yang akan kemudian digunakan sebagai sumber daya untuk berbagai rangkaian elektronik yang terdapat pada Boat.

Di dalam *Boat*, tegangan 5volt dari buck converter dapat digunakan untuk menyuplai daya ke berbagai komponen elektronik seperti mikrokontroler (seperti *Arduino* dan *Raspberry Pi*), kamera, dan perangkat lainnya yang memerlukan tegangan operasional 5 volt. Contoh penggunaannya termasuk pengendalian sistem, pemrosesan data, pengiriman data, dan fungsi lain yang diperlukan untuk operasi otonom ASV.

E. Rangkaian pengkabelan Hardware



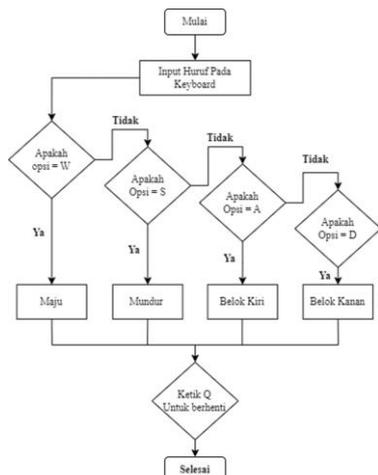
GAMBAR 3
Rangkaian pengkabelan Hardware

Gambar 3 dapat dilihat bahwa Webcam dihubungkan dengan *raspberry pi* melalui kable USB. *Raspberry pi* terhubung dengan *Arduino Uno* menggunakan Komunikasi serial (USB). Dengan memanfaatkan komunikasi serial pengiriman data dapat berjalan cepat dan mudah. Pada *Arduino Uno* Memiliki 14 pin input/output digital (I/O) dan 6 pin output PWM (*Pulse Width Modulation*), Untuk menghubungkan *Arduino Uno* dengan ESC menggunakan kabel jumper yaitu Pin 9, pin 10 untuk sinyal PWM dan 2 pin untuk *Ground*. Keluaran Esc menuju Motor *Brushless* menggunakan kabel fasa dan dihubungkan menggunakan konektor *male-female* pada ketiga ujung kabel.

Kemudian baterai terhubung dengan konektor WAGO (terminal blok) *clamp 2 to 6 Wire* untuk menghubungkan 2 ECS dan buck converter. Buck converter digunakan untuk menyuplai daya ke komponen elektronik seperti *Raspberry Pi* dan perangkat lainnya yang memerlukan tegangan operasional 5 volt.

F. Perancangan Sistem Kendali Manual

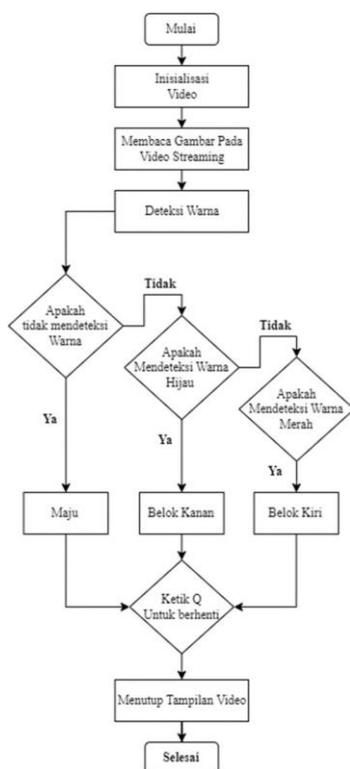
IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS



GAMBAR 4 Diagram Alir Kendali Manual

Gambar 4 merupakan Diagram Alir kendali manual yang di gunakan untuk menggerakkan Boat melalui remot kontrol sesuai dengan perintah diberikan oleh pengguna. Pada mode manual, Sistem akan menerima input dari keyboard untuk mengontrol pergerakan Boat. Pengguna dapat menginput "W" "S" "A" "D" "Q".

G. Perancangan Sistem Kendali Automatic



GAMBAR 5 Diagram Alir Kendali Manual

Gambar 4 menunjukkan Diagram Alir Kendali Automatic. memerlukan kontrol manual dari pengguna. Dalam mode otomatis, Boat akan bergerak berdasarkan warna yang terdeteksi, sesuai dengan pengaturan yang telah diprogram sebelumnya.



GAMBAR 6 Prototipe yang di gunakan pada proyek akhir

Pada Bab ini, akan dibahas mengenai pengujian sistem yang telah direncanakan sebelumnya dalam Bab sebelumnya. Pada gambar 6 menunjukkan Boat Autonomous Surface Vehicle yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian dan analisis pada Bab ini terbagi menjadi beberapa tahap, yang mencakup pembahasan subbagian dari perancangan sistem. Setiap tahapan akan disertai dengan tabel dan gambar yang mendukung proses pengujian dan analisis sistem yang dilakukan.

A. Realisasi Desain RC Boat

menampilkan desain awal dari badan kapal RC menggunakan jenis kapal katamaran, yang ditandai dengan dua lambung yang memberikan kestabilan tambahan saat kapal berlayar di perairan. RC Boat berukuran 65 cm panjang, 25 cm lebar, dan 7 cm tinggi ini dibuat dengan dimensi 64 cm panjang dan 22 cm lebar. Bahan utama yang digunakan adalah triplek ketebalan 2 mm, dipilih karena memiliki kekuatan yang cukup dan berat yang ringan saat udah dibentuk menjadi badan kapal. Terlihat Pada gambar 7 dan gambar 8 berikut ini:



GAMBAR 7 Pembuatan bodi RC Boat



GAMBAR 8 Pembuatan bodi RC Boat

H. Pengujian ESC

Pengukuran dilakukan pada beberapa titik sinyal PWM untuk mendapatkan data yang komprehensif mengenai kinerja ESC. Tegangan dan arus keluaran diukur menggunakan alat ukur yang tepat, dan daya keluaran dihitung berdasarkan hasil pengukuran tersebut. Data yang diperoleh dari pengujian ini digunakan untuk menganalisis kinerja ESC dalam mengendalikan motor. Pada tabel di atas memaparkan hasil tegangan keluaran *Electronic Speed Control* (ESC). Daya yang dihasilkan oleh ESC dihitung menggunakan rumus daya listrik:

TABEL 1
Hasil Pengujian tegangan keluaran ESC

No	Sinyal PWM (Motor 1)	Sinyal PWM (Motor 2)	V Out A (V) Terukur	V Out B (V) Terukur	Daya A Perhitungan (W)	Daya B Perhitungan (W)
1	1500	1500	12.00	12.00	36.00	36.00
2	1550	1550	12.61	12.61	37.83	37.83
3	1600	1600	13.00	13.00	39.00	39.00
4	1650	1650	13.52	13.31	40.56	39.93
5	1550	1500	12.46	12.12	37.38	36.36
6	1500	1550	12.16	12.64	36.48	37.92
7	1600	1450	13.11	11.81	39.33	35.43
8	1450	1600	11.72	13.05	35.16	39.15
9	1450	1450	11.59	11.78	34.77	35.34
10	1400	1400	11.45	11.54	34.35	34.62

Untuk menghitung daya keluaran, diperlukan pengukuran arus yang sesuai dengan tegangan keluaran yang telah diukur. Pada kolom pertama di dapatkan data untuk sinyal PWM (Motor 1) 1500, sinyal PWM (Motor 2) 1500, tegangan Out A 12V, tegangan Out B (V) 12V. Arus rata-rata yang diukur adalah 3A.

B. Pengujian Arah Motor *Brushless*

Pengujian arah motor *Brushless* dilakukan untuk memastikan bahwa motor berputar sesuai dengan perintah yang diberikan melalui sinyal PWM. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian arah dan aksi motor berdasarkan sinyal PWM yang diberikan.

TABEL 2
Pengujian arah motor *Brushless*

No	Sinyal PWM (Motor 1)	Sinyal PWM (Motor 2)	Arah Motor (A)	Arah Motor (B)	Aksi Motor
1	1550	1550	CCW	CCW	Maju
2	1450	1450	CW	CW	Mundur
3	1450	1650	CW	CCW	Belok Kiri
4	1650	1450	CCW	CW	Belok Kanan
5	1500	1500	-	-	Berhenti
6	1550	1550	CCW	CCW	Maju

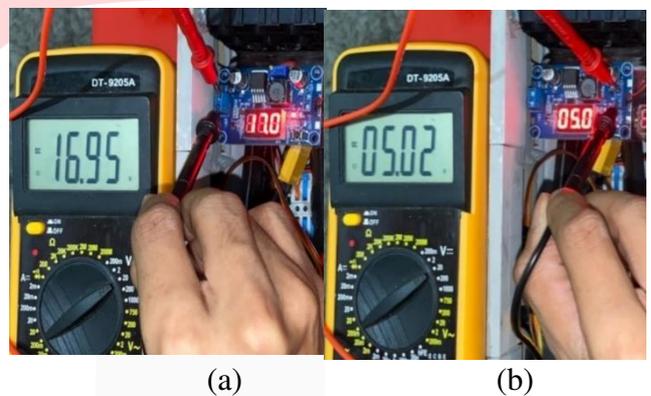
Tabel diatas menampilkan hasil pengujian dari sebuah sistem yang mengendalikan dua motor, yang di implentasikan pada sistem *boat*. Di tabel ini, enam percobaan dilakukan untuk menguji berbagai kombinasi sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dan arah putaran motor, yang menghasilkan respons atau aksi tertentu dari sistem.

Hasil dari tabel tersebut menunjukkan bahwa sinyal PWM digunakan untuk mengatur kecepatan motor, sedangkan arah putaran motor searah jarum jam (CW) atau

berlawanan arah jarum jam (CCW) menentukan gerakan yang dihasilkan oleh sistem. Misalnya, saat kedua motor diberi sinyal PWM 1550 dan berputar berlawanan arah jarum jam (CCW), sistem akan menghasilkan gerakan maju. Sebaliknya, jika kedua motor diberi sinyal PWM yang berbeda dan berputar ke arah yang berlawanan (CW, CCW), sistem dapat menghasilkan gerakan belok kiri atau kanan. Selain itu, ketika sinyal PWM 1500 untuk kedua motor, maka motor akan berhenti bergerak. Dengan ini menunjukkan bahwa sistem kontrol arah motor berfungsi dengan baik.

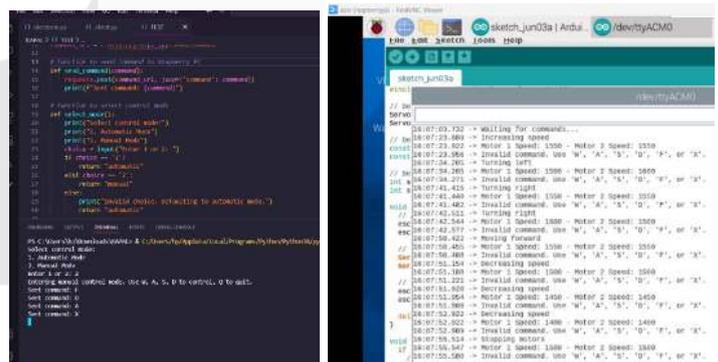
C. *Buck Converter*

Buck converter adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari 16,8 Volt menjadi 5 Volt. Untuk mendapatkan tegangan output yang tepat sebesar 5 Volt, kita perlu menyesuaikan nilai pada multitime. Tegangan 5 Volt yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menyuplai berbagai komponen elektronik, seperti Raspberry Pi dan Arduino Uno dan Webcam. Hasil pengujian *Buck Converter* dapat di lihat pada gambar 4.22.



GAMBAR 9
(a) Pengujian tegangan 16.8 Volt dan (b)Pengujian tegangan 5 Volt

D. Pengujian Arah Motor *Brushless*



GAMBAR 10
Hasil Pengujian sistem kendali Manual

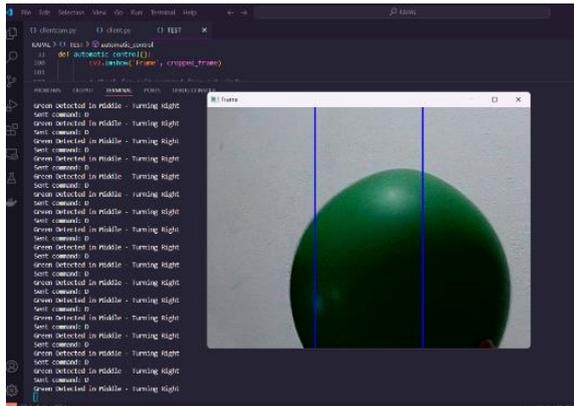
Pada gambar 10 di halaman sebelumnya merupakan hasil dari pengujian kendali manual yang menggunakan keyboard sebagai remot. Pada Tampilan serial tersebut menampilkan sebuah informasi seperti *speed* motor dan *command* yang digunakan. *command* pada tampilan di atas meliki fungsi masing-masing dimana *command* "W" bergerak lurus, "S" bergerak mundur, "A" belok kiri, "D" belok kanan. Misalnya, jika Tobol "D" ditekan makan speed motor 1=1650 (CCW)

dan motor 2=1450 (CW) sehingga aksi boat dapat berbelok ke kanan.

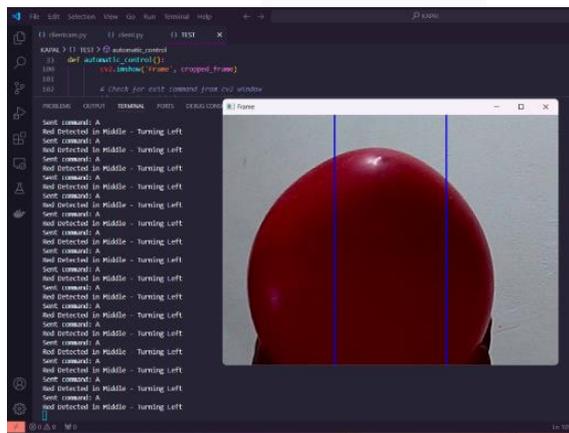
Hasil pengujian sistem kendali manual menunjukkan bahwa semuanya berfungsi dengan baik. Remote kontrol berhasil terhubung dengan mikrokontroler yang ada pada Boat, dan setiap perintah dari remote dapat dijalankan sesuai dengan yang diharapkan.

E. Pengujian Mode Kendali *Autonomous*

Pengujian sistem kendali otonom dilakukan di kolam GKU, dimana jalur uji coba terdiri dari susunan bola berwarna hijau dan merah. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa Boat dapat menavigasi jalur tersebut secara otomatis.



GAMBAR 11 Hasil Pengujian deteksi Warna Hijau



GAMBAR 12 Hasil Pengujian deteksi Warna merah

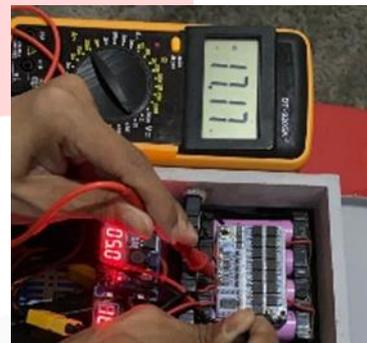
Pada Gambar 11 dan Gambar 12 Merupakan Data utama yang menunjukkan hasil deteksi balon hijau dan merah secara real-time melalui kamera. Metode yang digunakan untuk mendeteksi warna ini melibatkan konversi dari ruang warna RGB ke HSV. Dari hasil gambar, terlihat bahwa kamera berhasil mendeteksi balon berwarna hijau dan merah. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma yang digunakan dalam pemrosesan gambar dan pengenalan warna berfungsi dengan baik. kemampuan sistem dalam mendeteksi warna Boat dapat melakukan pergerakan arah, baik belok ke kanan maupun belok ke kiri, berdasarkan instruksi yang diterima dari hasil deteksi kamera. Proses ini dapat dilihat melalui frame dan terminal pada VS Code, dimana bola hijau akan menginstruksikan boat berbelok ke arah kanan dan bola merah akan menginstruksikan boat berbelok ke arah kiri. Dengan

demikian, sistem menggunakan informasi visual dari kamera untuk secara real-time menentukan pergerakan selanjutnya sesuai dengan warna yang terdeteksi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perahu mampu mendeteksi warna dan dapat memberikan instruksi pergerakan pada aktuator boat secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali autonomous dapat melakukan navigasi dengan efisien dan menghindari rintangan.

F. Pengujian Baterai

Pengujian baterai dilakukan untuk memastikan bahwa baterai yang digunakan dapat memberikan daya yang memadai untuk sistem. Baterai yang dipakai adalah baterai Li-ion dengan kapasitas 5200mAh dan rentang tegangan 3,7-4,2V. Baterai ini disusun dalam konfigurasi seri dengan 4 sel (4S) untuk mencapai tegangan dan kapasitas yang dibutuhkan oleh sistem. Rangkaian baterai 4 sel, bisa dilihat pada Gambar 13.



GAMBAR 13 Rangkaian Baterai 4S 2 paralel, 4 series

Konfigurasi baterai yang digunakan adalah 4 sel Li-ion dalam susunan seri, yang berarti bahwa tegangan total baterai adalah jumlah tegangan dari setiap sel. Dengan tegangan nominal masing-masing sel adalah 3.7V dan tegangan maksimum 4.2V, maka tegangan total untuk konfigurasi 4S adalah 16.8V. pada Tabel 4.1 merupakan hasil Tegangan baterai nominal dan maksimum.

TABEL 1 Tegangan baterai nominal dan maksimum

No	Sel Baterai	Tegangan Awal (V)	Tegangan Akhir (V)	Tegangan Droop (V)
1	1	4.2	3.9	0.3
2	2	4.2	3.8	0.4
3	3	4.2	3.9	0.3
4	4	4.2	3.8	0.4
Total		16.8	15.4	

Berdasarkan hasil pengujian, tegangan awal setiap sel baterai berada pada tegangan maksimum 4.2V, menghasilkan tegangan total 16.8V. Setelah pengujian di bawah beban, tegangan akhir turun menjadi rata-rata 3.85V per sel, atau 15.4V total. Tegangan droop yang diukur menunjukkan bahwa baterai mampu menyediakan daya yang cukup untuk sistem selama periode pengujian, dengan penurunan tegangan yang wajar.

G. Analisis Kinerja Keseluruhan Sistem

Secara keseluruhan, Sistem Kendali manual dan auto pada Boat mampu bekerja dengan baik sesuai tujuan pembuatan. Sistem menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi operasi, baik tanpa beban maupun dengan beban yang bervariasi. Tegangan, arus, dan daya yang diukur dalam berbagai kondisi menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kinerja yang stabil dan efisien. Respons sistem terhadap perintah yang diberikan melalui sinyal PWM menunjukkan bahwa sistem kontrol berfungsi dengan baik, dengan motor merespons dengan cepat dan tepat. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu beroperasi dengan baik sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan yang telah ditentukan. Komponen-komponen utama seperti Raspberry Pi, Arduino Uno, webcam, ESC, Motor *Brushless* berfungsi dengan baik secara individu maupun sebagai bagian dari sistem keseluruhan.

V. KESIMPULAN

Boat dilengkapi dengan fitur kendali manual dan otomatis yang mendukung kegiatan observasi dengan baik. ESC berfungsi akurat dalam mengendalikan motor berdasarkan sinyal PWM dari Arduino Uno, dengan selisih tegangan terukur dan perhitungan hanya 2-14%, menunjukkan kinerja yang memadai. Motor *Brushless* dapat dikendalikan untuk berbagai gerakan seperti maju, mundur, belok kiri, belok kanan, atau berhenti dengan sinyal PWM, membuktikan sistem navigasi dan manuver yang efektif. Pengujian baterai Li-ion 4S kapasitas 5200mAh dan tegangan 16.8V menunjukkan baterai cukup menyediakan daya untuk semua komponen selama pengujian. Secara keseluruhan, Boat dan komponen utamanya seperti Raspberry Pi dan Arduino Uno berfungsi dengan stabil baik secara individu maupun dalam sistem.

REFERENSI

- [1] G. L. P. I. P. S. A. H. Y. S. H. N. A. N. Y. F. F. Andi Haris Muhammadi, *Pedoman Kontes Kapal Indonesia 2024*, Jakarta: Balai Pengembangan Talenta Indonesia Pusat Prestasi Nasional Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2024.
- [2] D. Sirojudin, "HIMPUNAN MAHASISWA TEKNIK MANUFAKTUR KAPAL," POLITEKNIK NEGERI BANYUANGI, [Online]. Available: <https://himatemaka.com/halaman/poliwangi-hydromodelling-club/divisi-autonomous-surface-vehicle>.
- [3] U. N. M. A. B. Indra Dharma Wijaya, "IMPLEMENTASI RASPBERRY PI UNTUK RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUANG SERVER DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE TRIANGLE FACE," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, no. 1, 2017.
- [4] E. A. A. R. Ayyina Dewi Parwati, "Implementation Of Raspberry Pi As a Wireless Camera Design," *JURNAL ILMU TEKNIK DAN INFORMATIKA (TEKNIK)*, vol. 2, no. 2, p. 1, 2022.
- [5] raspberrypi, Raspberry Pi Foundation, [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberrypi-3-model-b/>. [Accessed 2024].
- [6] L. Elektronika, "Raspberry Pi," 05 Juni 2018. [Online]. Available: <https://www.labelektronika.com/2018/06/mengenal-raspberrypi-3-model-b-plus>. [Accessed 2024].
- [7] wmcceellan, "Inland UNO R3 Main Control Board," microcenter, 05 Jan 2022. [Online]. Available: <https://community.microcenter.com/kb/articles/644-inland-uno-r3-main-control-board>. [Accessed 2024].
- [8] M. A. H. W. Hermansyah Alam, "Penggunaan Arduino Uno Untuk Mendeteksi," *Journal of Electrical Technology*, vol. 7, no. 2, 2022.
- [9] V. C. P. J. L. ehskiel Colia, "Kestabilan Kendali PID Untuk Sistem Navigasi Pada Robot Underwater ROV (Remotely Operated Vehicle)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 02, 2018.
- [10] D. A. R. W. Muhammad Ootong, "PERANCANGAN MODULAR BATERAI LITHIUM ION(LI-ION) UNTUK BEBAN LAMPU LED," *Jurnal Ilmiah Setrum*, 2019.
- [11] A. U. D. A. P. A. H. Y. Tonny Suhendra, "Kendali Kecepatan Motor DC dengan Metode Pulse Width Modulation menggunakan N-channel Mosfet," *Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, vol. 07, no. 02, Oktober 2018.
- [12] tytorobotics, "Elektronik ESC," [Online]. Available: www.tytorobotics.com/blogs/articles/what-is-an-esc-how-does-an-esc-work. [Accessed 07 10 2024].
- [13] "BASIC CIRCUIT DIAGRAM OF ARDUINO UNO R3 EasyEDA open source hardware lab," buyselloov, [Online]. Available: https://buyselloov.best/product_details/17151038.html. [Accessed 2024].
- [14] S. says, "Universal ESC Circuit for BLDC and Alternator motors," *Homemade Circuit Projects*, [Online]. Available: www.homemade-circuits.com/universal-esc-circuit-for-bldc-motors/. [Accessed 2024].