



# Perancangan Prototype Pelampung Keselamatan Elektrik dengan Algoritma Proportional Integral Derivative Untuk Kestabilan di Air

Kusrini, Eko Pramono\*, Elik Hari Muktafin, Bayu Setiaji, Andriyan Dwi Putra

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta  
Jl. Ring Road Utara, Ngringin, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>kusrini@amikom.ac.id, <sup>2,\*</sup>eko.p@amikom.ac.id, <sup>3</sup>elixropas@gmail.com, <sup>4</sup>bayusetiaji@amikom.ac.id,  
<sup>5</sup>Andriyan@amikom.ac.id

Email Penulis Korespondensi: eko.p@amikom.ac.id  
Submitted: 03/10/2024; Accepted: 19/10/2024; Published: 19/10/2024

**Abstrak**—Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan perangkat penyelamatan di perairan yang dapat bergerak secara otomatis menuju posisi survival dan dikendalikan dari jarak jauh. Masalah utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang pelampung keselamatan elektrik yang mampu bergerak secara stabil di tengah arus dan gelombang, serta dapat dioperasikan dari jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengujian prototipe di perairan dengan berbagai kondisi beban dan jarak kendali. Metode yang digunakan meliputi perancangan dan implementasi sistem kendali berbasis mikrokontroler Arduino Uno, dengan algoritma PID (Proportional-Integral-Derivative) untuk menjaga kestabilan gerak pelampung, serta modul komunikasi RF untuk kendali jarak jauh hingga 500 meter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelampung mampu bergerak dengan kecepatan rata-rata 1.35 m/s pada throttle 100% dengan beban 80 kg dan mampu mempertahankan kestabilan di berbagai kondisi perairan. Standar deviasi kecepatan menunjukkan bahwa variasi kecepatan antar uji relatif kecil, menandakan kestabilan gerak yang baik. Penelitian ini berkontribusi dalam mengembangkan perangkat keselamatan berbasis IoT yang dapat meningkatkan efektivitas operasi penyelamatan di perairan. Dengan penggunaan algoritma PID, pelampung mampu mengoreksi arah dan kecepatan secara otomatis sehingga lebih responsif terhadap perintah kendali jarak jauh dan mampu bertahan di kondisi perairan yang dinamis.

**Kata Kunci:** Pelampung Keselamatan Elektrik; Arduino Uno; PID; IoT; Remote Control; Sistem Kendali Jarak Jauh.

**Abstract**—This research addresses the need for a water rescue device capable of autonomously moving towards a survival position while being remotely controlled. The main problem investigated is how to design an electric safety buoy that can move stably in currents and waves while being operated remotely using Internet of Things (IoT) technology. Data were collected through prototype testing under various load and control range conditions. The research method involves designing and implementing a control system based on the Arduino Uno microcontroller, with a Proportional-Integral-Derivative (PID) algorithm to maintain buoy stability, and an RF communication module for remote control up to 500 meters. The test results show that the buoy can achieve an average speed of 1.35 m/s at 100% throttle with an 80 kg load and maintain stability in various water conditions. The standard deviation of speed indicates minimal variation between tests, demonstrating good movement stability. This research contributes to the development of IoT-based safety devices, enhancing the effectiveness of water rescue operations. With the use of a PID algorithm, the buoy can automatically adjust direction and speed, making it more responsive to remote control commands and able to withstand dynamic water conditions.

**Keywords:** Electric Safety Buoy; Arduino Uno; PID; IoT; Remote Control; Remote-Control System

## 1. PENDAHULUAN

Keselamatan di perairan merupakan aspek penting dalam operasi penyelamatan, terutama ketika kondisi perairan tidak memungkinkan penyelamat mendekat secara langsung ke korban. Salah satu solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan pelampung keselamatan elektrik yang mampu bergerak secara otomatis menuju posisi survival dan dikendalikan dari jarak jauh. Pelampung ini dirancang untuk dapat bergerak stabil di tengah arus dan gelombang, serta dikendalikan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan algoritma Proportional-Integral-Derivative (PID).

Masalah utama yang dihadapi dalam penelitian ini adalah kurangnya perangkat keselamatan di perairan yang dapat dikendalikan dengan presisi, khususnya dalam menjaga kestabilan gerak di arus atau ombak. Pada penelitian sebelumnya, seperti yang dipublikasikan oleh Musa Albana, Rona Riantini, dan Ii Munadhif dalam Proceeding 2nd Conference on Safety Engineering dengan judul "Perancangan dan Pembuatan Prototype Remote Control Buoys Bertenaga Baterai dengan Aktuator Propeller," pelampung dirancang dengan motor propeller dan dikendalikan menggunakan remote control, namun sistem tersebut belum mengintegrasikan algoritma PID untuk koreksi otomatis, sehingga kendali kestabilan masih terbatas[1]. Dalam penelitian ini, algoritma PID diterapkan untuk meningkatkan kestabilan dan akurasi gerak pelampung dalam berbagai kondisi perairan.

Algoritma PID merupakan salah satu metode kontrol yang telah terbukti efektif dalam menjaga stabilitas pada sistem bergerak dinamis. Studi oleh Fauyan et al. (2023) tentang optimasi sistem kendali PID pada drone FPV dengan perangkat lunak Betaflight menunjukkan bahwa PID mampu memberikan kontrol yang akurat dalam manuver kompleks, yang relevan dengan aplikasi pelampung ini untuk menjaga kestabilan geraknya[2].



Selain itu, penelitian oleh P.R. Tuuk et al. dalam Jurnal Teknik Elektro dan Komputer juga mengungkapkan bahwa penggunaan PID pada wahana tanpa awak mampu meningkatkan kestabilan posisi dan respons terhadap gangguan dari lingkungan eksternal[3]. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa PID dapat mengoreksi gerakan secara otomatis dengan mempertimbangkan orientasi yang terbaca dari sensor-sensor seperti gyroscope dan accelerometer, yang relevan dengan penggunaan PID pada pelampung keselamatan ini. Selain itu, studi dari Elik Hari Muktafin et al. dalam jurnal Analisis Sistem Kendali Robot USMAN untuk Sterilisasi Lantai Masjid dengan Algoritma Proportional Integral Derivative juga mendemonstrasikan penerapan PID untuk meningkatkan akurasi dan kinerja sistem robotik[4]. Hal ini menunjukkan efektivitas penggunaan PID dalam sistem otomatis yang bergerak dinamis.

Pelampung penyelamat berbasis remote control ini diharapkan dapat memberikan solusi atas lambatnya respons manual dalam operasi penyelamatan di perairan, terutama pada daerah dengan arus dan gelombang yang kuat. Penelitian ini juga mengadopsi pendekatan IoT untuk memungkinkan pengendalian dan pemantauan jarak jauh secara real-time. Sistem komunikasi pada pelampung menggunakan modul wireless NRF24L01 yang memungkinkan pelampung dikendalikan dalam jarak hingga 500 meter. NodeMCU berfungsi sebagai pengendali utama untuk mengintegrasikan sensor dan motor, dengan algoritma PID yang menjaga stabilitas gerakan pelampung dalam menyelamatkan korban[5].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah implementasi kontrol gerak berbasis PID dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama. Sistem kontrol ini terdiri dari dua motor penggerak yang dihubungkan ke propeller dan diatur dengan menggunakan algoritma PID. Input untuk PID berasal dari sensor gyroscope dan accelerometer yang mendeteksi posisi dan orientasi pelampung di perairan. Sistem ini juga dilengkapi dengan modul komunikasi RF untuk memungkinkan kendali jarak jauh hingga 500 meter. Penggunaan Arduino Uno memberikan fleksibilitas dalam pengembangan prototipe dan memungkinkan integrasi dengan modul IoT untuk pemantauan secara real-time.

Perbedaan utama penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada penerapan algoritma PID untuk menjaga kestabilan pelampung dan integrasi dengan IoT untuk pengendalian jarak jauh. Penelitian ini berkontribusi dalam mengembangkan perangkat keselamatan berbasis IoT yang lebih cerdas dan responsif terhadap kondisi perairan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam operasi penyelamatan.

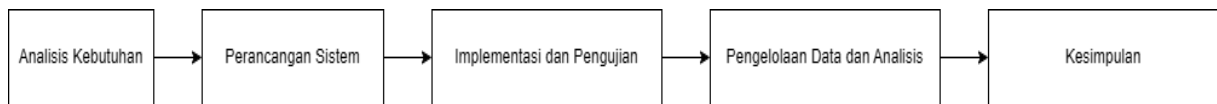
Pengendali PID adalah algoritma kontrol yang banyak digunakan dalam sistem kontrol otomatis untuk menjaga kestabilan gerak atau posisi. PID bekerja dengan mengoreksi error atau kesalahan antara nilai yang diinginkan (setpoint) dan nilai yang diukur (feedback) dalam suatu sistem[6]. Algoritma ini terdiri dari tiga komponen utama: Proportional (P), yang bertindak berdasarkan besar error saat ini, semakin besar error, semakin besar sinyal koreksi yang dihasilkan; Integral (I), yang mengurangi error akumulasi dari waktu ke waktu, mencegah kesalahan yang terjadi terus-menerus; dan Derivative (D), yang memprediksi kesalahan di masa depan dengan menghitung laju perubahan error, membantu mengurangi overshoot dan mempercepat waktu respon. Pada sistem pelampung keselamatan elektrik ini, PID digunakan untuk mengendalikan motor penggerak kiri dan kanan, sehingga pelampung dapat bergerak dengan stabil dan mencapai target gerak secara akurat. Misalnya, ketika pelampung diarahkan maju atau berbelok, PID akan memastikan pergerakan tetap terkontrol tanpa berlebihan atau kurang dari target[7][8].

Sistem pelampung keselamatan elektrik ini dilengkapi dengan beberapa sensor dan aktuator yang mendukung kinerja algoritma PID. Gyroscope berfungsi mendeteksi orientasi atau kemiringan pelampung, termasuk saat pelampung terbalik. Jika pelampung terbalik, motor penggerak akan dikendalikan oleh Arduino Uno untuk mengembalikan pelampung ke posisi normal. Accelerometer digunakan untuk mendeteksi percepatan dan perpindahan pelampung pada sumbu X dan Y, di mana data ini digunakan oleh Arduino Uno untuk memperbaiki kesalahan posisi dan arah gerak pelampung melalui algoritma PID[9]. Transmitter dan Receiver RF digunakan untuk menghubungkan pelampung dengan remote control, yang memungkinkan kendali jarak jauh hingga 500 meter. Selain itu, Electric Speed Controller (ESC) mengatur kecepatan putar motor berdasarkan sinyal yang dikirimkan oleh pengendali PID dari Arduino Uno, sehingga memungkinkan perubahan kecepatan motor secara halus dan terkontrol[10].

Selain kontrol lokal melalui PID, sistem pelampung keselamatan elektrik ini juga memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh. Pengguna dapat mengendalikan pelampung melalui remote control yang terhubung dengan modul RF[11]. Remote control ini memungkinkan pelampung untuk dikendalikan hingga jarak 500 meter, baik dari darat maupun dari permukaan air. Teknologi ini memberikan fleksibilitas bagi tim penyelamat atau pengguna dalam mengoperasikan pelampung tanpa harus berada di dekatnya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe pelampung keselamatan elektrik berbasis pengendali PID dan IoT. Tahapan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Alur penelitian

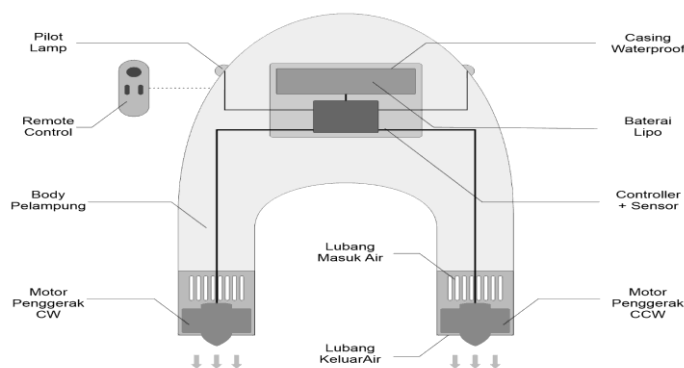
Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang penulis lakukan. Penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan untuk menentukan komponen dan perangkat yang diperlukan dalam merancang pelampung keselamatan elektrik berbasis PID dan IoT. Setelah kebutuhan diidentifikasi, dilanjutkan dengan perancangan sistem yang mencakup desain fisik, pengaturan kontrol perangkat keras, serta integrasi sensor dan modul komunikasi. Pada tahap berikutnya, implementasi dan pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja prototipe, seperti kemampuan daya angkut, ketepatan gerak, serta keandalan komunikasi jarak jauh. Data hasil pengujian kemudian diolah pada tahap pengelolaan data dan analisis, yang bertujuan mengevaluasi performa keseluruhan sistem, termasuk stabilitas gerakan dan efisiensi energi dari algoritma PID. Akhirnya, penelitian ditutup dengan kesimpulan yang merangkum hasil evaluasi dan pencapaian sistem sesuai dengan tujuan awal penelitian. Algoritma PID sendiri merupakan metode pengendalian yang populer untuk menjaga kestabilan sistem otomatis, dengan komponen proportional, integral, dan derivative yang saling berinteraksi untuk menghasilkan kontrol yang optimal[12].

### 2.1 Tahap Analisis Kebutuhan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe pelampung keselamatan elektrik berbasis pengendali PID dan IoT, di mana setiap tahapannya dirancang untuk memastikan sistem yang efisien dan andal. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yang merupakan langkah penting untuk menentukan komponen-komponen utama yang diperlukan baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Komponen yang digunakan meliputi badan pelampung yang terbuat dari gabus dengan rangka aluminium untuk memastikan daya apung yang memadai. Sistem penggerak menggunakan motor CW dan CCW yang diatur melalui algoritma PID untuk menjaga kestabilan dan keakuratan gerak pelampung. Sebagai sumber daya, digunakan baterai 48 Volt yang mendukung kinerja motor dan sistem kontrol. Pengendalian utama dilakukan menggunakan Arduino Uno, yang berperan sebagai mikrokontroler untuk menjalankan algoritma PID, mengelola data dari sensor gyroscope dan accelerometer, serta mengontrol motor melalui Electric Speed Controller (ESC)[13]. Sistem komunikasi menggunakan modul RF transmitter dan receiver, yang memungkinkan pengiriman perintah jarak jauh dari remote control hingga 500 meter.

### 2.2 Tahap Perancangan Sistem

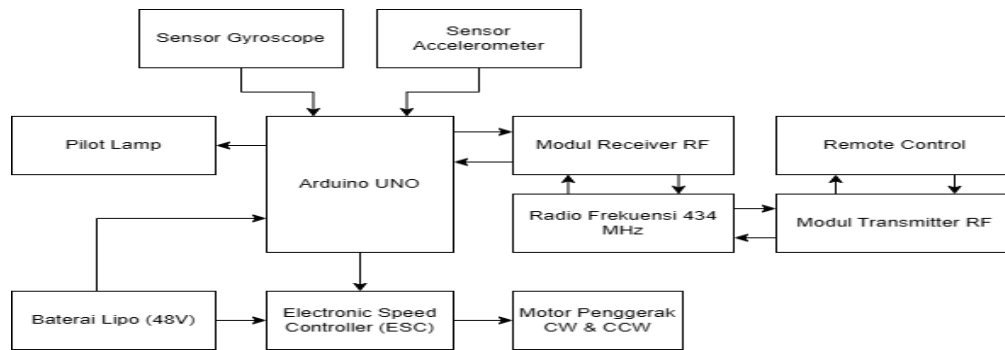
Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, di mana desain fisik dan kendali sistem dibuat berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Desain fisik pelampung dilakukan dengan memperhitungkan penempatan komponen utama, seperti motor, propeller, baterai, dan sensor, agar pelampung tetap ringan namun cukup kokoh untuk menopang beban hingga 100 kg. Propeller dipasang di sisi kiri dan kanan pelampung untuk memberikan kendali arah yang baik. Desain sistem kendali berbasis algoritma PID tertanam di dalam Arduino Uno[14]. Algoritma PID dirancang untuk mengatur kecepatan dan arah motor dengan memanfaatkan input dari gyroscope dan accelerometer, yang mendeteksi posisi dan pergerakan pelampung. Sistem komunikasi IoT dirancang menggunakan modul RF untuk memastikan remote control dapat mengirimkan perintah kendali ke pelampung dari jarak jauh, memberikan fleksibilitas lebih kepada pengguna dalam mengontrol pelampung di perairan.



**Gambar 2.** Desain pelampung

Gambar 2 merupakan desain pelampung keselamatan elektrik, menyoroti komponen utama dan tata letaknya. Di bagian atas, terdapat Pilot Lamp yang menunjukkan status operasional pelampung, sementara Remote Control memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan pelampung dari jarak jauh. Struktur utama pelampung,

yang disebut sebagai Body Pelampung, dirancang agar tahan air, seperti yang ditunjukkan oleh label Casing Waterproof, yang melindungi komponen internal dari kerusakan akibat air. Pusat dari fungsi pelampung ini adalah unit controller dan sensor, yang mengintegrasikan sistem kontrol dan berbagai sensor yang diperlukan untuk pengoperasian. Pelampung ini ditenagai oleh Baterai Lipo, yang menyediakan energi yang diperlukan untuk menggerakkan motor dan elektroniknya. Pelampung dilengkapi dengan dua motor, satu berputar searah jarum jam (Motor Penggerak CW) dan satu lagi berputar berlawanan arah jarum jam (Motor Penggerak CCW), memungkinkan kontrol yang presisi terhadap pergerakannya di dalam air[15]. Selain itu, terdapat Lubang Masuk Air dan Lubang Keluar Air, yang penting untuk menjaga daya apung dan stabilitas pelampung dalam berbagai kondisi perairan. Desain komprehensif ini memastikan bahwa pelampung dapat beroperasi secara efektif di lingkungan perairan yang menantang sambil tetap dapat dikendalikan dari jarak jauh.

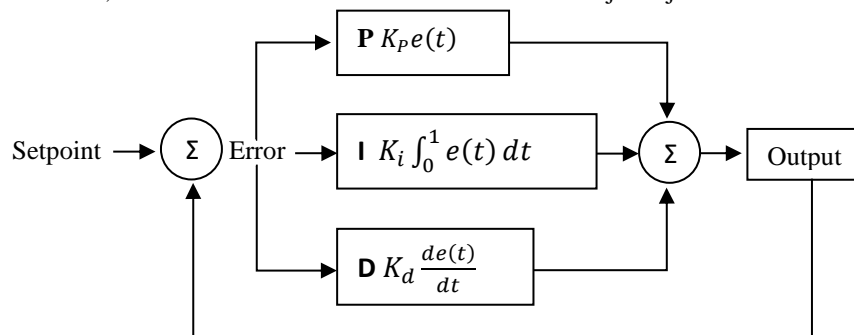


**Gambar 3.** Desain arsitektur hardware

Gambar 3 merupakan arsitektur hardware dari sistem pelampung keselamatan elektrik berbasis Internet of Things dengan pengendali PID. Arduino UNO berfungsi sebagai pusat pengendali utama yang menghubungkan berbagai sensor dan modul untuk menjalankan fungsionalitas pelampung. Dua sensor penting, yaitu Sensor Gyroscope dan Sensor Accelerometer, berfungsi mendeteksi posisi, orientasi, dan percepatan pelampung, memungkinkan sistem untuk menjaga keseimbangan dan arah[16]. Selain itu, terdapat Pilot Lamp yang digunakan sebagai indikator visual status sistem, dan Baterai Lipo (48V) sebagai sumber daya utama untuk menjalankan motor dan komponen lainnya[17]. Kontrol kecepatan motor dilakukan oleh Electronic Speed Controller (ESC) yang mengatur dua Motor Penggerak CW & CCW guna menggerakkan pelampung di air. Untuk komunikasi jarak jauh, sistem menggunakan Modul Transmitter RF dan Modul Receiver RF yang bekerja pada Radio Frekuensi 434 MHz, memungkinkan pelampung dikendalikan melalui Remote Control. Semua komponen ini diatur dan dikontrol oleh Arduino, yang menerima data dari sensor dan perintah dari remote, lalu mengatur gerakan pelampung secara efisien dan stabil di air.

**2.3 Tahap Implementasi dan Pengujian Sistem**

Setelah perancangan selesai, dilanjutkan dengan tahap implementasi dan pengujian sistem. Prototipe pelampung keselamatan elektrik diuji untuk mengevaluasi performanya di berbagai kondisi operasional. Pengujian dilakukan dalam beberapa skenario, salah satunya adalah pengujian daya angkut di mana pelampung diuji untuk membawa beban hingga 100 kg dengan variasi throttle (50%, 75%, 100%) guna mengukur kecepatan maksimum yang dicapai pada setiap tingkat beban. Selain itu, dilakukan pengujian ketepatan gerak, di mana pelampung dioperasikan maju, mundur, berbelok, dan berputar untuk mengukur ketepatan gerak dengan dan tanpa algoritma PID. Jarak gerak 1 meter diukur untuk setiap arah gerakan. Pengujian terakhir adalah jarak komunikasi remote control, di mana pelampung diuji untuk merespon perintah remote dari jarak 100 meter, 300 meter, dan 500 meter, baik dari darat maupun permukaan air, untuk memastikan kehandalan sistem kontrol jarak jauh.



**Gambar 4.** Konsep PID (Proportional-Integral-Derivative)

Gambar 4 menunjukkan diagram blok dari sistem PID controller (Proportional-Integral-Derivative) yang digunakan untuk mengatur dan menstabilkan keluaran suatu sistem berdasarkan masukan (setpoint). Pada awalnya,

sistem menerima nilai Setpoint, yang dibandingkan dengan nilai keluaran aktual untuk menghasilkan nilai Error (perbedaan antara nilai yang diinginkan dan yang diperoleh)[18]. Tiga elemen utama dalam PID bekerja berdasarkan error ini: komponen Proportional (P) yang memperbesar error dengan faktor konstanta  $K_p$ ; komponen Integral (I) yang menghitung akumulasi error seiring waktu dengan konstanta  $K_i$ ; dan komponen Derivative (D) yang memperkirakan perubahan error dengan konstanta  $K_d$ . Ketiga komponen ini kemudian dijumlahkan untuk menghasilkan sinyal kontrol yang disesuaikan agar sistem mencapai dan mempertahankan nilai setpoint dengan stabilitas dan kecepatan yang optimal. PID controller ini banyak digunakan dalam sistem otomatisasi untuk menjaga akurasi dan respons yang halus dalam pengendalian gerakan, suhu, atau variabel lainnya[19].

#### 2.4 Tahap Pengolahan Data dan Analisis

Pada tahap pengolahan data dan analisis, data hasil pengujian diolah untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan. Kinerja sistem kendali PID dianalisis dengan membandingkan performa sistem yang menggunakan PID dengan yang tidak. Penggunaan PID terbukti meningkatkan stabilitas dan akurasi gerakan pelampung, terutama dalam skenario di mana pelampung harus menghadapi arus air yang kuat atau kondisi perairan yang tidak stabil. Efisiensi energi juga dianalisis dengan menghitung berapa lama pelampung dapat beroperasi dengan daya baterai yang tersedia, serta melihat seberapa efisien motor penggerak dalam memanfaatkan daya untuk mendorong pelampung saat membawa beban maksimal. Selain itu, jangkauan komunikasi dianalisis untuk mengetahui sejauh mana remote control dapat memberikan perintah secara efektif pada berbagai kondisi jarak dan posisi, sehingga sistem dapat digunakan dalam situasi penyelamatan yang berbeda.

#### 2.5 Tahap Kesimpulan dan Dokumentasi

Tahap terakhir adalah kesimpulan dan dokumentasi, di mana semua hasil pengujian dan analisis dirangkum untuk menghasilkan kesimpulan terkait performa keseluruhan dari sistem pelampung keselamatan elektrik ini. Dibandingkan dengan referensi dari penelitian sebelumnya yang menggunakan sistem serupa tanpa algoritma PID, pelampung ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam stabilitas dan akurasi gerakan, terutama dalam menghadapi kondisi perairan yang dinamis. Dokumentasi hasil pengujian, analisis data, dan evaluasi kinerja sistem dilakukan secara menyeluruh, termasuk di dalamnya adalah gambar alur penelitian, desain alat, dan alur sistem untuk memperkuat laporan dan memudahkan reproduksi hasil penelitian di masa depan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, hasil dari pembuatan dan pengujian Pelampung Keselamatan Elektrik Berbasis Remote Control dan PID akan dijelaskan. Pengujian dilakukan untuk menilai kinerja pelampung dalam beberapa kondisi, seperti beban angkut, stabilitas gerak dengan kontrol PID, serta jangkauan komunikasi remote control. Hasil-hasil pengujian ini akan dibandingkan dan dibahas secara detail.

#### 3.1 Tampilan Pelampung Keselamatan Elektrik

Desain Pelampung Keselamatan Elektrik yang mengadopsi bentuk kapal katamaran memberikan stabilitas, daya apung, dan efisiensi yang optimal dalam perairan[20]. Berikut adalah gambar dari pelampung keselamatan elektrik pada gambar 5.



**Gambar 5.** Pelampung keselamatan elektrik

Gambar 5 menjelaskan desain pelampung yang menggunakan dua lambung paralel (katamaran), yang menawarkan stabilitas lebih baik dibandingkan dengan desain satu lambung. Desain ini mengurangi risiko pelampung terbalik atau tenggelam, bahkan saat mengangkut beban hingga 100 kg. Selain itu, konfigurasi dua lambung memungkinkan distribusi beban yang lebih merata dan mengurangi hambatan air, sehingga pelampung dapat bergerak dengan lebih cepat dan efisien. Dengan dua motor penggerak yang dikendalikan secara terpisah, didukung oleh algoritma PID, pelampung dapat melakukan manuver dengan mudah dan presisi, menjadikannya sangat cocok untuk digunakan dalam situasi penyelamatan di perairan terbuka yang dinamis.



**Gambar 6.** Rangka pelampung keselamatan elektrik

Gambar 6 menjelaskan bahwa rangka pada perangkat ini dirancang dengan struktur yang ringan namun tetap kuat, menggunakan material aluminium untuk meningkatkan efisiensi gerak di air. Di bagian bawah perangkat terdapat dua motor yang diposisikan secara simetris, berfungsi untuk mengontrol arah dan menjaga keseimbangan perangkat. Pada bagian atas rangka, terdapat kotak transparan yang melindungi komponen elektronik, seperti baterai dan pengontrol sistem, dari air. Selain itu, material apung terbuat dari styrofoam, yang membantu menjaga stabilitas perangkat di permukaan air, memastikan perangkat tetap stabil saat beroperasi di lingkungan perairan.

### 3.2 Pengujian Pelampung Keselamatan Elektrik

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa pelampung dalam berbagai skenario operasional, termasuk kemampuan membawa beban, manuver, kecepatan, serta kestabilan gerak yang diatur oleh algoritma PID.

#### 3.2.1 Pengodean Dengan Implementasi PID

Dalam pengujian ini, kontrol PID diimplementasikan untuk mengatur kecepatan dan arah motor penggerak pelampung. Algoritma PID bekerja dengan mengoreksi kesalahan (error) antara posisi yang diinginkan dan posisi aktual pelampung. Perhitungan Variansi adalah ukuran seberapa besar sebaran data dari nilai rata-ratanya. Ini menunjukkan sejauh mana data menyimpang dari nilai rata-rata[21]. Variansi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Var = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n} \tag{1}$$

Perhitungan Pengendali PID (Proportional-Integral-Derivative) digunakan untuk mengontrol sistem otomatis berdasarkan error yang ada[22]. Perhitungan PID dilakukan dengan rumus:

$$u(t) = k_p \cdot e(t) + k_i \cdot \int e(t) dt + k_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \tag{2}$$

Perhitungan Standar deviasi adalah akar kuadrat dari variansi dan memberikan informasi tentang seberapa jauh data menyimpang dari rata-ratanya[23]. Rumus untuk menghitung standar deviasi adalah:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{3}$$

#### 3.2.2 Pengujian Kapasitas Kerja Pelampung

Pengujian ini mengukur seberapa efisien pelampung dalam bekerja pada berbagai tingkat throttle dan dengan beban yang bervariasi. Pengukuran dilakukan berdasarkan kecepatan pelampung ketika membawa beban survival dengan berat 50 kg, 75 kg, dan 100 kg pada tiga tingkat throttle berbeda (50%, 75%, dan 100%).

**Tabel 1.** Pengujian kapasitas pelampung

Beban Angkut (kg)	Throttle (%)	Rata-rata Kecepatan (m/s)	Waktu Operasi (Menit)	Standar Deviasi (m/s)
50	50%	0.85	45	0.034
50	75%	1.22	38	0.056
50	100%	1.53	30	0.062
75	50%	0.75	45	0.028
75	75%	1.1	38	0.045

Beban Angkut (kg)	Throttle (%)	Rata-rata Kecepatan (m/s)	Waktu Operasi (Menit)	Standar Deviasi (m/s)
75	100%	1.4	30	0.052
100	50%	0.65	45	0.023
100	75%	0.95	38	0.038
100	100%	1.2	30	0.049

Dari tabel 1 didapatkan bahwa peningkatan beban angkut menyebabkan penurunan kecepatan rata-rata. Pada beban maksimal 100 kg, kecepatan tertinggi dicapai pada throttle 100% dengan rata-rata 1.2 m/s. Selain itu, waktu operasi juga berkurang seiring dengan peningkatan throttle, dimana waktu terpendek tercatat pada throttle 100%, yaitu 30 menit. Standar deviasi dari kecepatan menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi kecil dalam kecepatan antar percobaan, pelampung mampu bergerak dengan stabil di berbagai kondisi beban dan throttle.

### 3.2.3 Pengujian Kapasitas Kerja Pelampung

Pengujian kecepatan dilakukan dengan berbagai tingkat throttle untuk mengetahui dampaknya terhadap kecepatan gerak pelampung. Berikut adalah hasil pengujian yang diambil dari lima kali uji dengan variasi throttle:

**Tabel 2.** Pengujian kapasitas kerja pelampung

Throttle (%)	Kecepatan 1 (m/s)	Kecepatan 2 (m/s)	Kecepatan 3 (m/s)	Kecepatan 4 (m/s)	Kecepatan 5 (m/s)
50%	0.8	0.9	0.85	0.87	0.83
75%	1.2	1.25	1.22	1.3	1.15
100%	1.5	1.55	1.52	1.57	1.49

Dari tabel 2 didapatkan bahwa peningkatan throttle menghasilkan peningkatan kecepatan yang signifikan. Pada throttle 100%, rata-rata kecepatan mencapai 1.53 m/s.

### 3.2.4 Pengujian Jarak Remote dan Posisi Kendali

Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk mengetahui efektivitas remote control dalam mengendalikan pelampung pada jarak yang berbeda-beda, serta pada posisi remote yang berada di darat atau di permukaan air.

**Tabel 3.** Pengujian jarak remote dan posisi kendali

Jarak Remote (Meter)	Posisi Remote	Respons Kendali
100	Darat	Respons Cepat
100	Permukaan Air	Respons Cepat
300	Darat	Respons Sedang
300	Permukaan Air	Respons Sedang
500	Darat	Respons Lambat
500	Permukaan Air	Respons Lambat

Hasil pengujian pada tabel 3 menunjukkan bahwa remote control bekerja dengan baik hingga jarak 300 meter dengan respons kendali yang cepat, baik dari darat maupun permukaan air. Namun, pada jarak 500 meter, terdapat sedikit penundaan dalam respons, yang menandakan bahwa jarak kendali efektif maksimal adalah 300 meter untuk operasi tanpa gangguan.

### 3.2.5 Pengujian Penyelamatan Korban

Gambar 7 menunjukkan pengujian pelampung keselamatan elektrik yang dilakukan dengan pengguna (korban) seberat 75 kg dan tinggi 170 cm. Dalam pengujian ini, pelampung diuji untuk memastikan kestabilan, daya apung, dan kemampuan pelampung dalam mengangkut pengguna dengan beban yang signifikan.



**Gambar 7.** Proses penyelamatan korban



### 3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, pelampung keselamatan elektrik berbasis remote control dan algoritma PID menunjukkan performa yang sangat baik dalam hal stabilitas, kecepatan, dan kontrol. Desain katamaran dengan dua lambung paralel memberikan keunggulan signifikan dalam stabilitas dan daya apung, sehingga pelampung dapat mengangkat beban hingga 100 kg tanpa risiko terbalik atau tenggelam. Implementasi algoritma PID pada motor penggerak memungkinkan pelampung untuk menjaga kestabilan gerak dan presisi manuver dalam berbagai kondisi. Meskipun peningkatan beban menyebabkan penurunan kecepatan rata-rata, pelampung tetap mampu bergerak dengan baik pada throttle maksimal, mencapai kecepatan hingga 1.2 m/s saat membawa beban 100 kg. Hal ini menunjukkan efektivitas sistem kontrol PID dalam mempertahankan performa optimal, meskipun menghadapi perubahan beban dan kondisi lingkungan.

Selain itu, pengujian jangkauan remote control memperlihatkan bahwa pelampung dapat dikendalikan dengan cepat dan responsif hingga jarak 300 meter, baik dari darat maupun dari permukaan air. Namun, pada jarak 500 meter, respons kendali mulai melambat, menandakan batas maksimal untuk pengendalian yang efektif. Hal ini menunjukkan bahwa pelampung dapat dioperasikan dengan baik dalam jarak yang aman untuk misi penyelamatan, dengan kendali yang stabil dan akurat. Secara keseluruhan, pelampung keselamatan elektrik ini memberikan kinerja yang baik dalam hal stabilitas, efisiensi daya, dan jangkauan komunikasi, membuatnya ideal untuk digunakan dalam situasi penyelamatan di perairan terbuka.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, pelampung keselamatan elektrik berbasis remote control dan algoritma PID terbukti memenuhi kriteria yang diharapkan untuk operasi penyelamatan di perairan terbuka. Desain katamaran dengan dua lambung paralel tidak hanya memberikan stabilitas yang sangat baik, tetapi juga memungkinkan pelampung untuk mengangkat beban hingga 100 kg dengan aman tanpa risiko terbalik atau tenggelam. Implementasi algoritma PID pada sistem kontrol motor penggerak memungkinkan pelampung menjaga kestabilan gerakan serta akurasi manuver dalam berbagai kondisi lingkungan dan beban. Meskipun peningkatan beban mengurangi kecepatan rata-rata, pelampung tetap mampu mencapai kecepatan maksimal 1.2 m/s pada throttle 100%, menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara efisien bahkan dalam kondisi beban berat. Pengujian jangkauan remote control memperlihatkan bahwa pelampung dapat dikendalikan dengan respons cepat dan stabil hingga jarak 300 meter, meskipun pada jarak 500-meter terjadi sedikit penundaan respons kendali, yang menandai batas maksimal efektivitas kendali. Kinerja keseluruhan pelampung dalam hal stabilitas, kontrol, efisiensi energi, dan jangkauan komunikasi membuatnya sangat cocok untuk digunakan dalam misi penyelamatan di perairan terbuka. Dengan demikian, pelampung keselamatan elektrik ini menunjukkan kehandalan dan efektivitas yang tinggi dalam situasi yang membutuhkan kecepatan, ketepatan, dan kestabilan di air, menjadikannya solusi yang ideal untuk operasi penyelamatan yang membutuhkan respons cepat dan efisien dalam keadaan darurat, serta memberikan rasa aman bagi pengguna.

## REFERENCES

- [1] M. Albana, R. Riantini, and I. Munadhif, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE REMOTE CONTROL BUOYS BERTENAGA BATERAI DENGAN AKUATOR PROPELLER," 2018.
- [2] D. Ahmad, A. Fauyan, E. Sonalitha, and R. H. Romadhon, "Perancangan dan Optimasi Sistem Kendali PID Pada Drone FPV Dengan Menggunakan Betaflight Untuk Manuver Terbang," 2022. [Online]. Available: <https://semnasti.unipasby.ac.id/proceedings/>
- [3] "Implementasi Pengendali PID Untuk Kestabilan Posisi Terbang Wahana Tanpa Awak," 2018.
- [4] E. H. Muktafin, K. Kusri, and E. T. Luthfi, "Analisis Sistem Kendali Robot USMAN untuk Sterilisasi Lantai Masjid dengan Algoritma Proportional Integral Derivative," *Jurnal Eksplora Informatika*, vol. 10, no. 2, pp. 80–91, Mar. 2021, doi: 10.30864/eksplora.v10i2.468.
- [5] M. E. Santoso, M. Ulum, and A. F. Ibadillah, "Rancang Bangun Pelampung Penyelamat Berbasis Remote Control," 2020. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [6] E. Hadi Pranata, T. Susanto, A. Savitri Puspaningrum, L. Ratu, and B. Lampung, "PENGENDALIAN GERAK LONGITUDINAL PESAWAT FIXED WING FT-EXPLORER," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTikom)*, vol. 4, no. 1, p. 2023, 2023.
- [7] R. Akbar et al., "Metode Kontrol Skalar dengan Penala Parameter PID Otomatis Menggunakan Algoritma PSO Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis LabView," 2020.
- [8] E. N. Aisyah, Z. Maulana, A. Putra, and H. A. Widodo, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE WATER SAMPLING ELECTRIC BOAT DENGAN PENGATURAN MANUEVER KAPAL MENGGUNAKAN KONTROL PID," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, pp. 2830–7062, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3%20s1.3577.
- [9] R. I. Alfian, A. Ma'Arif, and S. Sunardi, "Noise reduction in the accelerometer and gyroscope sensor with the Kalman filter algorithm," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 3, pp. 180–189, May 2021, doi: 10.18196/jrc.2375.
- [10] B. Wu, X. Han, and N. Hui, "System identification and controller design of a novel autonomous underwater vehicle," *Machines*, vol. 9, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/machines9060109.
- [11] A. I. Yusuf, S. Samsugi, and F. Trisnawati, "SISTEM PENGAMAN PINTU OTOMATIS DENGAN MIKROKONTROLER ARDUINO DAN MODULE RF REMOTE," 2020.



- [12] M. D. I. Putri, A. Ma'arif, and R. D. Puriyanto, "PENGENDALI KECEPATAN SUDUT MOTOR DC MENGGUNAKAN KONTROL PID DAN TUNING ZIEGLER NICHOLS," *Techno*, vol. 23, pp. 9–18, Apr. 2022.
- [13] I. M. A. Wirama, I. M. A. Putra, I. M. W. M. Putra, A. A. N. Narottama, and A. A. N. G. Saptaka, "Single Phase Electric Motor Speed Control Based on Room Temperature," *TELKA*, vol. 7, no. 1, pp. 21–28, 2021.
- [14] D. A. Yustiandra, E. S. Budi, and G. Al Azhar, "IMPLEMENTASI KONTROL PID PADA PEMANASAN PUPUK SEKAM BERBASIS ARDUINO," vol. 4, Aug. 2024, doi: <https://doi.org/10.3785/kohesi.v4i6.5767>.
- [15] A. R. Marjan and R. Mukhaiyar, "Perancangan Konveyor Pengangkut Buah Semangka Berdasarkan Berat Berbasis Mikrokontroler," Nov. 2020, doi: <https://doi.org/10.38035/rrj.v3i1>.
- [16] A. Jalal, M. A. K. Quaid, S. B. Ud Din Tahir, and K. Kim, "A study of accelerometer and gyroscope measurements in physical life-log activities detection systems," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 22, pp. 1–23, Nov. 2020, doi: 10.3390/s20226670.
- [17] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, "SISTEM PENGONTROL IRIGASI OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," 2020.
- [18] F. F. Alanro and H. Supriyono, "TRAINER PRAKTIKUM PENGENDALI KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PID BERBASIS ARDUINO," 2023.
- [19] J. G. Sitohang, "ANALISA PENGARUH PERUBAHAN KONSTANTA PID PADA KENDALI MOTOR DC," 2023.
- [20] F. Wahmuda and M. C. Dwi, "PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PADA DESAIN ALAT TRANSPORTASI AIR OBYEK WISATA KALIMAS SURABAYA," 2021.
- [21] A. Fitra Ritonga, S. Wahyu, and F. Octavia Purnomo, "Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK Jakarta 1," vol. 5, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://ejurnal.kpmunj.org>
- [22] F. Firdaus, E. Priatna, N. Hiron, and N. Busaeri, "PROTOTYPE SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE (PID) CONTROLLER," Oktober, Tasikmalaya, Oct. 2022.
- [23] D. Setyanto and N. Sultan Salahuddin, "Prototipe Monitor dan Kontrol Otomatis Iklim Mikro Greenhouse dengan Platform IoT Blynk Greenhouse Microclimate Automatic Monitor and Control Protoype with Blynk IoT Platform," 2022.