

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Danau merupakan salah satu ekosistem perairan darat yang memiliki peran vital bagi kehidupan manusia. Berbagai fungsi danau di Indonesia mencakup sumber air minum, irigasi, perikanan, transportasi, pembangkit listrik, pariwisata, hingga sebagai pusat budaya dan kearifan lokal [1]. Namun, seiring meningkatnya aktivitas manusia seperti pembuangan limbah domestik, pertanian, dan industri, kondisi kualitas air di banyak danau di Indonesia mengalami penurunan. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022, lebih dari 60% danau besar di Indonesia mengalami tekanan ekologis yang signifikan, termasuk peningkatan nutrisi yang memicu eutrofikasi. Kondisi ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, menurunkan kadar oksigen terlarut (DO), serta menimbulkan potensi kontaminasi bahan kimia berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan kualitas air dan udara secara berkelanjutan untuk mendeteksi potensi masalah lingkungan sedini mungkin.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, *Unmanned Surface Vehicle* (USV) atau kapal permukaan tanpa awak hadir sebagai solusi yang inovatif. USV didefinisikan sebagai kendaraan tanpa awak yang melaksanakan tugas di berbagai lingkungan tanpa intervensi manusia, dengan dinamika yang sangat non-linear [2]. Teknologi ini memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan lingkungan secara otomatis, cepat, dan efisien, terutama di perairan dangkal atau wilayah yang sulit dijangkau oleh kapal tradisional [3]. USV mampu mengumpulkan data kualitas air dan udara secara langsung tanpa memerlukan kehadiran manusia di lokasi, sehingga dapat meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan kontinuitas dalam proses pemantauan. Saat ini, teknologi USV telah mulai diadopsi dalam penelitian lingkungan dan pemantauan ekosistem perairan, namun masih menghadapi beberapa tantangan teknis, terutama dalam hal navigasi otomatis.

Salah satu tantangan utama dalam pengoperasian USV secara mandiri adalah kemampuan sistem untuk mendeteksi dan menghindari halangan di sekitarnya. Deteksi yang kurang akurat dapat menyebabkan keterlambatan respons, yang berpotensi meningkatkan risiko tabrakan, terutama di lingkungan yang padat atau dengan jarak pandang terbatas. Oleh karena itu, sistem penghindaran tabrakan menjadi fitur krusial agar USV dapat beroperasi secara otonom dan aman. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi halangan pada jarak ≤ 3 meter, dengan teknologi utama yang digunakan adalah sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik merupakan alat yang

mendeteksi jarak atau posisi objek dengan mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang suara ultrasonik untuk kembali setelah memantul dari objek. Umumnya, sensor ini menggunakan osilator kristal untuk menghasilkan gelombang suara dan kemudian mendeteksi pantulan gelombang tersebut [4]. Dengan penerapan sistem penghindaran tabrakan berbasis sensor ultrasonik, USV secara otomatis melaksanakan manuver belok atau berhenti untuk mencegah kecelakaan dan meningkatkan efektivitas pemantauan lingkungan perairan secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang skenario pengujian sistem penghindaran tabrakan pada *autonomous boat* untuk memastikan kemampuan navigasi yang aman di lingkungan perairan dengan berbagai kondisi?
2. Bagaimana merancang skenario pengujian sistem penghindaran tabrakan pada *swarm USV* untuk menjaga koordinasi antar unit dalam pergerakan bersama di area perairan yang dinamis?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem penghindaran tabrakan dan halangan pada *solar autonomous boat* sebagai bagian dari teknologi *swarm USV*.
2. Mengimplementasikan sistem penghindaran tabrakan dan halangan pada *solar autonomous boat* dalam rangka mendukung kinerja teknologi *swarm USV*.
3. Menguji sistem penghindaran tabrakan dan halangan pada *solar autonomous boat* untuk memastikan efektivitasnya dalam lingkungan perairan yang dinamis.

1.4 Cakupan Pengerjaan

Cakupan pengerjaan dalam Tugas Akhir ini meliputi perancangan, implementasi, dan pengujian sistem penghindaran tabrakan yang menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T, yang diterapkan pada *solar autonomous boat* sebagai bagian dari pengembangan teknologi *swarm USV*. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi objek atau hambatan di sekitar kapal dari empat arah, yaitu depan, belakang, kanan, dan

kiri, serta mengambil keputusan navigasi secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan jarak dari sensor.

Dataset yang digunakan dalam pengujian diperoleh secara langsung melalui pembacaan jarak real-time dari sensor ultrasonik. Data tersebut kemudian dikategorikan ke dalam zona tertentu, seperti bahaya, waspada, aman, dan jauh, yang menjadi acuan logika penghindaran. Adapun batasan (constraint) dalam pengembangan sistem ini mencakup keterbatasan jangkauan sensor, kondisi lingkungan perairan yang fluktuatif, keterbatasan daya dari sumber energi surya, serta keterlambatan respons sistem akibat kondisi transmisi data atau pemrosesan.

Pekerjaan dalam Tugas Akhir ini sepenuhnya dilakukan oleh penulis, yang mencakup perancangan dan pemasangan perangkat keras, pemrograman sistem navigasi dan penghindaran, integrasi sensor dengan modul mikrokontroler TTGO ESP32 LoRa, serta pelaksanaan pengujian lapangan dan analisis hasil. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat berfungsi secara optimal dalam mendeteksi dan menghindari rintangan secara otomatis, serta menjadi fondasi bagi pengembangan sistem navigasi otonom berbasis *swarm USV* di masa mendatang.

1.5 Tahapan Pengerjaan

1. Mulai

Tahap pertama dimulai dengan menentukan kebutuhan sistem untuk *Solar Autonomous Boat*, khususnya untuk deteksi halangan dan penghindaran tabrakan dalam teknologi *swarm USV*. Kebutuhan sistem mencakup pengumpulan data dan analisis mengenai lingkungan kapal dan potensi halangan yang ada di perairan.

2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, masalah utama yang dihadapi adalah potensi tabrakan antar kapal dalam *swarm* dan dengan objek lain di perairan. Identifikasi masalah melibatkan pemahaman dan penentuan kriteria untuk mendeteksi halangan serta metode penghindaran yang efektif. Tools yang digunakan pada tahap ini termasuk analisis risiko dan peta kebutuhan sistem, serta mungkin penggunaan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan berbagai skenario tabrakan.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memilih teknologi yang tepat yang mendukung sistem penghindaran tabrakan, seperti sensor ultrasonik untuk deteksi jarak dekat, algoritma pengendalian arah, dan metode pengurangan kecepatan. Selain itu, kajian juga mencakup pemanfaatan energi solar sebagai sumber

daya utama. Tools yang digunakan di tahap ini meliputi pencarian literatur melalui database jurnal ilmiah, penggunaan referensi buku teks terkait teknologi sensor, dan software pemodelan untuk menganalisis desain sistem.

4. Pemilihan Komponen Penghindaran Tabrakan

Pemilihan komponen dilakukan untuk menentukan alat yang akan digunakan pada sistem penghindaran tabrakan, yaitu sensor ultrasonik untuk deteksi halangan, motor pengendali arah, mikrokontroler untuk pemrosesan data, serta modul komunikasi untuk koordinasi antar kapal. Pada tahap ini, software CAD atau alat desain lainnya digunakan untuk merancang dan memilih komponen yang sesuai.

5. Perancangan Rangkaian Penghindaran Tabrakan

Setelah komponen dipilih, tahap perancangan rangkaian dimulai. Sensor dipasang pada bagian depan, belakang, kanan dan kiri kapal untuk mendeteksi halangan. Data sensor dikirim ke mikrokontroler yang akan memproses informasi dan memberi instruksi untuk pengendalian motor. Pada tahap ini, software untuk desain rangkaian seperti EasyEDA digunakan untuk merancang rangkaian dan memastikan integrasi komponen berjalan dengan baik.

6. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, sistem dipasang pada tiga kapal *solar autonomous boat*. sensor, motor, dan mikrokontroler dikalibrasi untuk mendukung deteksi dan penghindaran halangan. Tools yang digunakan pada tahap ini adalah perangkat lunak pemrograman seperti Arduino IDE untuk mikrokontroler, serta alat untuk kalibrasi sensor dan motor.

7. Pengujian Sensor

Setelah sistem diimplementasikan, sensor ultrasonik diuji untuk memastikan fungsionalitasnya dalam mendeteksi halangan dengan akurat. Data dari sensor dianalisis oleh mikrokontroler untuk memastikan bahwa sistem dapat bereaksi dengan benar terhadap halangan yang terdeteksi. Pengujian ini menggunakan perangkat pengujian seperti oscilloscope atau alat pengukuran jarak.

8. Pengujian Sistem Penghindaran Tabrakan

Pengujian sistem penghindaran tabrakan dilakukan dengan mensimulasikan situasi di mana kapal menghadapi halangan dan menguji reaksi kapal, seperti

berbelok atau memperlambat kecepatan. Pengujian ini memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mempertahankan koordinasi antara kapal-kapal dalam *swarm*.

9. Pengiriman Data Sensor ke Gateway

Data deteksi halangan dan pergerakan kapal dikirim ke gateway untuk analisis lebih lanjut atau digunakan untuk meningkatkan komunikasi antar kapal dalam *swarm*. Pada tahap ini, sistem komunikasi antar kapal diuji untuk memastikan bahwa data dapat terkirim dengan baik ke pusat kontrol. Tools yang digunakan pada tahap ini meliputi perangkat komunikasi nirkabel seperti LoRa atau Wi-Fi.

10. Selesai

Setelah sistem berhasil diimplementasikan dan diuji, serta berfungsi sesuai dengan yang diinginkan, tiga kapal siap digunakan dalam teknologi *swarm* USV dengan kemampuan penghindaran tabrakan yang andal. Tahap akhir ini melibatkan evaluasi sistem secara keseluruhan dan penyelesaian dokumentasi proyek. Tools yang digunakan termasuk software dokumentasi proyek dan evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.