

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Provinsi Kepulauan Riau menempati posisi geografis yang sangat krusial karena berbatasan langsung dengan sejumlah negara tetangga di kawasan Asia Tenggara serta bersinggungan langsung dengan jalur pelayaran internasional [1]. Secara lebih spesifik, Batam diidentifikasi sebagai wilayah perbatasan strategis yang letaknya bersinggungan langsung dengan kedaulatan Singapura dan Malaysia, sehingga menempatkan Kepulauan Riau sebagai beranda terdepan sekaligus titik pantau utama dalam dinamika geopolitik maupun geoekonomi di kawasan Selat Malaka [2].

Signifikansi geografis tersebut pada kenyataannya berbanding lurus dengan kompleksitas tantangan keamanan maritim yang dihadapi di lapangan, di mana wilayah perbatasan Kepulauan Riau dihadapkan pada berbagai aktivitas maritim ilegal yang mencakup penyelundupan, pembajakan, penangkapan ikan ilegal, peredaran narkoba, hingga ancaman terorisme yang dilaporkan masih terus berlangsung meskipun telah dilakukan upaya institusional melalui pembentukan badan pengelola perbatasan dari tingkat pusat hingga kabupaten/kota [3]. Kerentanan wilayah ini dipertegas oleh pengungkapan kasus penyelundupan 77 ton daging beku ilegal asal Singapura yang melibatkan manipulasi teknis berupa pemutusan sistem *Automatic Identification System (AIS)* guna menghindari deteksi otoritas keamanan [4].

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa metode pengawasan konvensional yang mengandalkan patroli kapal berawak sudah tidak memadai untuk menjawab tantangan luasnya wilayah laut yang terus menjadi tantangan [5]. Pengawasan maritim secara menyeluruh di wilayah ini membutuhkan investasi armada yang sangat besar serta biaya operasional yang tinggi, namun sering kali terbentur oleh keterbatasan sumber daya manusia dan armada konvensional [6]. Kesenjangan keamanan maritim yang signifikan dilaporkan masih terjadi, di mana patroli udara dan laut masing-masing hanya mampu mencapai cakupan sebesar 62% dan 60% dari seluruh perairan Indonesia [7]. Penggunaan sistem pelacakan kamera dengan kontrol pergerakan jarak jauh melalui perangkat seluler dinilai

sangat penting dalam memperkuat sistem pemantauan keamanan [8]. Selain itu, implementasi sistem kamera berbasis *Internet of Things (IoT)* terbukti mampu mengoptimalkan efektivitas pemantauan secara daring serta memfasilitasi transmisi data waktu nyata kepada pihak administrator [9].

ASV merupakan robot laut tak berawak yang dirancang untuk operasi cerdas dan otonom di permukaan air bagi berbagai aplikasi, yang secara umum dikategorikan menjadi dua jenis utama yaitu kapal tanpa awak dan perahu layar tanpa awak [10]. Berbagai studi secara kolektif telah menunjukkan kelayakan operasional ASV di berbagai sektor ilmu kelautan, industri, perlindungan lingkungan, hingga inspeksi struktur lepas pantai [11]. Pemanfaatan teknologi AI dalam pengawasan maritim mampu meningkatkan akurasi deteksi ancaman hingga 92% serta memberikan kontribusi strategis dalam menjaga kedaulatan wilayah perairan dari aktivitas ilegal [12]. Penerapan deteksi objek berbasis *Artificial Intelligence* menjadi sangat penting untuk mengatasi keterbatasan pengawasan lalu lintas konvensional yang sulit menangani lonjakan jumlah kendaraan secara manual, sehingga mampu mencegah kemacetan, kecelakaan, dan pelanggaran lalu lintas melalui penyediaan data klasifikasi jenis, warna, serta kecepatan kendaraan secara otomatis dan akurat [13].

Sistem titik arah (*waypoint*) menjadi komponen yang sangat vital bagi navigasi otonom ASV guna menjalankan fungsi pengawasan secara efektif, karena memungkinkan eksekusi misi otomatis dan pelacakan jalur yang tepat tanpa kendali manual. Bukti menunjukkan kebutuhan praktis sistem ini pada operasi penangkapan ikan otonom yang menggunakan perangkat lunak perencana misi untuk menentukan titik arah navigasi sehingga mampu mencapai tingkat kesalahan lapangan sebesar 4,4% [14]. Implementasi titik arah pada kendaraan otonom juga terbukti mampu mengurangi deviasi posisi secara signifikan dari 9 meter menjadi 3 meter, yang menunjukkan peningkatan akurasi navigasi [15]. Selain itu, pelacakan lintasan titik arah ditemukan sangat krusial untuk penyelesaian misi kendaraan otonom, di mana penggunaan metode kontrol yang tepat mampu mencapai tingkat akurasi hingga 94,96% [16].

Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan otomatisasi melalui pemanfaatan perangkat Autonomous Surface Vehicle (*ASV*) yang mampu menjalankan fungsi

pengawasan perairan secara mandiri melalui integrasi sistem navigasi *waypoint*, konektivitas *Internet of Things (IoT)* untuk pemantauan jarak jauh, serta sensor jarak untuk menghindari tabrakan secara otomatis, yang kemudian didukung oleh sistem *Object Detection* untuk mengidentifikasi objek tersebut guna membantu dalam pemantauan visual.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan rendahnya cakupan patroli maritim konvensional serta kebutuhan akan sistem pengawasan yang dapat beroperasi secara mandiri tanpa awak, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem navigasi *waypoint* otonom pada *ASV* agar mampu mengeksekusi misi patroli secara otomatis sesuai jalur yang ditentukan?
2. Bagaimana mengintegrasikan konektivitas *IoT* pada *ASV* agar data navigasi dan sistem pemantauan kamera dapat diakses secara *real-time* melalui jaringan internet?
3. Bagaimana merancang sistem deteksi rintangan berbasis sensor jarak pada *ASV* agar mampu melakukan penghentian otomatis saat mendeteksi hambatan di depan?
4. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *Object Detection* untuk mengklasifikasi objek di sekitar secara otomatis guna membantu dalam pemantauan visual?

C. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Navigasi otonom dijalankan dengan memanfaatkan sensor *GPS* dan kompas sebagai acuan utama dalam mengikuti titik koordinat yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Pemantauan data navigasi serta data visual dilakukan melalui laptop dengan menggunakan jaringan internet.
3. Seluruh sistem memakai sumber dari baterai.

4. Pembahasan pada wahana dibatasi hanya pada integrasi sistem kendali dan fungsionalitas komponen elektronik, tanpa melakukan desain dan analisis terhadap desain lambung maupun hidrodinamika kapal.
5. Deteksi objek dibatasi dengan menggunakan arsitektur model YOLOv11n dan *dataset* bawaan (*default*) tanpa dilakukan proses pelatihan ulang (*retraining*) atau penambahan data kustom.
6. Deteksi objek dibatasi dengan perangkat Laptop minimal GPU seri RTX.
7. Pengujian performa alat dilaksanakan di perairan tertutup yang terjangkau oleh jaringan internet seluler 4G.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem navigasi *waypoint* otonom pada *ASV* dapat dirancang dan diimplementasikan agar mampu mengeksekusi misi patroli secara otomatis sesuai dengan jalur yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Konektivitas *IoT* pada *ASV* dapat diintegrasikan sehingga data navigasi dan sistem pemantauan kamera dapat diakses secara *real-time* oleh administrator melalui jaringan internet.
3. Sistem deteksi rintangan berbasis sensor jarak pada *ASV* dapat dirancang agar mampu melakukan penghentian otomatis secara presisi saat mendeteksi adanya hambatan di area depan.
4. Mengimplementasikan algoritma *Object Detection* untuk mengenal objek secara otomatis guna membantu pemantauan visual.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa

Mahasiswa dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi teknis dalam pengembangan proyek robotika air, baik untuk keperluan akademis maupun ajang perlombaan. Penelitian ini juga memberikan dasar bagi mahasiswa untuk melakukan perbandingan serta pengembangan algoritma navigasi otonom yang

lebih kompleks agar mampu memberikan solusi yang lebih baik dan menerapkan keilmuan ilmiah dari hasil penelitian ini.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Perguruan Tinggi dapat menjadikan penelitian ini sebagai bahan referensi dan memberikan rujukan topik terbaru dalam pengembangan teknologi di bidang robotika. Hasil tulisan ini diharapkan dapat memperkaya khazanah keilmuan serta mendukung pengembangan pusat riset teknologi maritim di lingkungan kampus.

3. Bagi Institusi Keamanan

Institusi terkait dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai acuan teknologi dalam mengoptimalkan sistem pengawasan keamanan laut yang lebih efektif. Implementasi sistem tanpa awak ini dapat membantu institusi dalam memantau wilayah perbatasan secara rutin dengan biaya operasional yang lebih terjangkau serta jangkauan pemantauan yang lebih luas.

4. Bagi Industri

Industri dapat menerapkan hasil penelitian ini sebagai prototipe dasar pemanfaatan robotika dalam lingkungan industri dan dapat terus dikembangkan secara menyeluruh sehingga mampu menyesuaikan dengan permintaan pasar industri global yang membutuhkan solusi pemantauan wilayah perairan berbasis teknologi otonom.