

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Danau merupakan ekosistem perairan darat yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Danau di Indonesia memiliki berbagai fungsi, mulai dari sumber air minum, irigasi, perikanan, transportasi, pembangkit listrik, pariwisata, hingga pusat tumbuhnya budaya dan kearifan [1]. Namun, perubahan lingkungan yang dipicu oleh aktivitas manusia, seperti polusi dan pembuangan limbah domestik, menimbulkan tantangan besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem danau. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air dan udara di lingkungan danau sangat penting untuk mendeteksi potensi masalah sejak dini, seperti eutrofikasi, penurunan kadar oksigen terlarut (DO), atau pencemaran bahan kimia berbahaya.

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]. USV memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan lingkungan secara otomatis dan cepat, serta beroperasi di perairan dangkal atau wilayah yang sulit dijangkau oleh kapal tradisional [3]. Beberapa urgensi penelitian bawah air, antara lain adalah kebutuhan terhadap pemeliharaan sumber air bersih dari pencemaran, pencarian potensi laut dalam, kajian arkeologi bawah air, penyelidikan sains, pemetaan dan pengukuran bawah air, sehingga tingginya kebutuhan terhadap kajian untuk melakukan penyelamatan bawah air. USV (Unmanned Surface Vehicle) adalah kendaraan laut tanpa awak yang dapat digunakan dalam bidang kelautan untuk berbagai keperluan, seperti pemetaan bawah air, pemantauan lingkungan laut, eksplorasi dan pengiriman barang ke lokasi yang tidak terjangkau oleh manusia [4].

Penggunaan LoRa disini dapat membantu SwarmUSV berkomunikasi dalam jarak jauh tanpa bergantung pada infrastruktur jaringan seluler atau satelit yang mahal. LoRa juga memungkinkan komunikasi di lingkungan perairan yang luas dan sering kali memiliki keterbatasan sinyal, seperti di danau atau lautan. Selain itu, integrasi LoRa dengan WiFi dalam sebuah *gateway* dapat mengoptimalkan fleksibilitas komunikasi. LoRa dapat digunakan untuk komunikasi jarak jauh antar USV dalam sistem swarm, sedangkan WiFi dapat dimanfaatkan untuk komunikasi berkecepatan tinggi di area yang lebih terbatas. Dengan kombinasi ini, sistem SwarmUSV dapat bekerja lebih efisien dalam pemantauan lingkungan danau serta berbagai aplikasi kelautan lainnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut:

1. Bagaimanakah cara memvalidasi performa *gateway* agar dapat menerima dan mengirim data secara tepat waktu ke database yang mendukung kebutuhan SwarmUSV.
2. Bagaimana solusi desain sistem *gateway* untuk mengatasi keterbatasan jangkauan LoRa dan komabilitasnya dengan WiFi untuk memenuhi kebutuhan operasional SwarmUSV.
3. Bagaimana memastikan bahwa data yang dikirim melalui *gateway* dapat diolah secara optimal untuk mendukung pengendalian dan koordinasi SwarmUSV.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Mengintegrasikan *gateway* agar dapat diterima dengan baik oleh IoT Platform.
2. Mengimplementasikan *gateway* agar dapat menerima data dari berbagai node sensor.
3. Mensimulasikan kinerja *gateway* LoRa-WiFi yang dirancang untuk kondisi sulit untuk memastikan efektivitasnya dalam mendukung komunikasi SwarmUSV.

## 1.4 Cakupan Pengerjaan

Tugas akhir ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem *gateway* komunikasi LoRa-WiFi sebagai penghubung antara masing-masing SwarmUSV (Unnamed Surface Vehicle) dengan pusat monitoring. Sistem ini dirancang agar setiap perahu dalam formasi swarm dapat mengirimkan data secara nirkabel melalui LoRa ke sebuah *gateway*, yang kemudian meneruskan data tersebut ke jaringan WiFi dan selanjutnya ke dashboard untuk pemantauan.

Lingkup pekerjaan mencakup pemilihan dan integrasi modul komunikasi LoRa dan WiFi pada mikrokontroler ESP32, pengembangan protokol komunikasi data antara node USV dan *gateway*, serta implementasi pengiriman data ke MQTT Broker untuk pemantauan secara real-time.

Dataset yang digunakan berupa data sensor yang dikirimkan dari masing-masing kapal, seperti data GPS, Kecepatan dan data lingkungan yang dikirim melalui LoRa dan ditampilkan secara real-time di dashboard melalui jaringan WiFi dan MQTT.

Sistem *gateway* komunikasi ini memiliki peran yang berbeda dari bagian-bagian lainnya dalam proyek SwarmUSV. Jika bagian bagian lain fokus pada navigasi, penghindaran tabrakan atau pemantauan kualitas air, maka sistem ini berfungsi sebagai jembatan komunikasi yang menghubungkan seluruh perahu dengan pusat

pengendali atau pengamat. Meskipun memiliki tugas tersendiri, sistem ini menjadi komponen penting yang mendukung koordinasi dan kolaborasi antar USV dalam formasi swarm secara efektif dan efisien.

### 1.5 Tahapan Pengerjaan

#### 1. Mulai

Tahap pertama dimulai dengan menentukan kebutuhan sistem komunikasi untuk perahu Autonomous dalam formasi SwarmUSV, khususnya dalam hal pengiriman data sensor dan koordinasi antar unit melalui *gateway*. Kebutuhan sistem mencakup identifikasi parameter komunikasi yang dibutuhkan, seperti jenis data yang akan dikirim, interval pengiriman, serta jarak jangkauan komunikasi. Tools yang digunakan pada tahap ini termasuk perangkat lunak perencanaan proyek seperti diagram sistem dan mind mapping untuk mendokumentasikan alur komunikasi antara node USV, *gateway*, dan dashboard monitoring.

#### 2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, fokus utama adalah mengidentifikasi permasalahan dalam komunikasi data pada sistem swarm, seperti keterbatasan jangkauan sinyal, keterlambatan pengiriman data, dan potensi tabrakan data ketika banyak node yang mengirimkan data secara bersamaan. Selain itu, perlu ditentukan cara terbaik untuk menghubungkan sistem LoRa yang memiliki bandwidth rendah dengan jaringan WiFi yang memiliki latensi dan throughput berbeda. Tools yang digunakan antara lain analisis kebutuhan sistem komunikasi dan perangkat lunak simulasi sederhana untuk menguji alur data dari node ke *gateway* dan dari *gateway* ke dashboard.

#### 3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memilih teknologi yang tepat untuk mendukung sistem komunikasi antar kapal dalam formasi swarm, seperti pemanfaatan LoRa untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, WiFi untuk integrasi ke Dashboard, serta protokol MQTT sebagai protokol ringan untuk pertukaran data. Selain itu, kajian juga mencakup arsitektur sistem komunikasi swarm, kemampuan ESP32, dan perbandingan antar teknologi nirkabel lainnya. Tools yang digunakan di tahap ini meliputi pencarian literatur melalui database jurnal ilmiah dan analisis skema komunikasi menggunakan software diagram atau pemodelan sistem.

#### 4. Pemilihan Komponen Gateway Komunikasi

Pemilihan komponen dilakukan untuk menentukan alat yang akan digunakan pada sistem *gateway* komunikasi, yaitu ESP32 sebagai Mikrokontroler utama, Modul

LoRa SX1278 untuk komunikasi antar kapal, WiFi Internal ESP32 untuk koneksi ke dashboard, serta antena dan catu daya yang sesuai. Pada tahap ini, Software yang digunakan adalah Arduino IDE yang digunakan untuk memprogram modul LoRa yang digunakan untuk menerima dan mengirim data yang didapatkan.

#### 5. Perancangan Rangkaian Gateway Komunikasi

Setelah komponen dipilih, tahap perancangan rangkaian *gateway* dimulai. Modul LoRa dikoneksikan ke ESP32 melalui antarmuka SPI, dan ESP32 diprogram untuk menerima data LoRa, kemudian jaringan WiFi meneruskannya melalui protokol MQTT.

#### 6. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, sistem *gateway* diprogram dan dipasang pada lingkungan uji yang mensimulasikan operasi SwarmUSV. ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE, dikonfigurasi untuk membaca data dari LoRa dan meneruskannya ke WiFi. Selain itu, halaman dashboard sederhana dibuat dan diunggah ke SPIFFS sebagai bagian dari antarmuka lokal *gateway*. Tools yang digunakan pada tahap ini mencakup Arduino IDE, MQTT broker seperti HiveMQ.

#### 7. Pengujian Komunikasi LoRa

Setelah sistem diimplementasikan, pengujian terhadap komunikasi LoRa antara node dengan *gateway* untuk memastikan kestabilan, jangkauan, dan akurasi data. Pengujian ini menggunakan skenario jarak bervariasi untuk mengetahui batas kinerja modul LoRa. Tools pengujian meliputi serial monitor, alat ukur sinyal dan dashboard.

#### 8. Pengujian Pengiriman Data ke WiFi dan MQTT

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diterima dari LoRa dapat dikirim dengan baik melalui WiFi ke MQTT Broker, dan diterima di dashboard secara real-time. Pengujian juga mencakup kecepatan pengiriman data, delay dan ketahanan koneksi WiFi.

#### 9. Integrasi dengan Sistem Swarm USV

Data dari perahu yang beroperasi dalam swarm dikirim ke *gateway* secara bersamaan. Sistem diuji untuk menerima dan meneruskan data dari beberapa node tanpa kehilangan paket. Pengujian ini juga memastikan bahwa *gateway* mampu beroperasi sebagai pusat komunikasi untuk formasi swarm.

#### 10. Selesai

Setelah sistem berhasil diimplementasikan dan diuji serta berfungsi sesuai dengan yang diinginkan, *gateway* siap digunakan dalam teknologi Swarm USV sebagai pusat

komunikasi data antar kapal dan ke pusat kontrol. Tahap akhir ini melibatkan evaluasi sistem secara keseluruhan dan penyelesaian dokumentasi proyek. Tools yang digunakan termasuk perangkat lunak dokumentasi, aplikasi presentasi, dan software analisis data untuk menyajikan hasil akhir secara terstruktur.