

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Danau merupakan salah satu sumber daya air yang memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, baik sebagai sumber air minum, irigasi, perikanan, pariwisata, hingga pendukung ekosistem alami [1]. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, kualitas lingkungan perairan dan sekitarnya mengalami penurunan akibat aktivitas manusia seperti pembuangan limbah, penggunaan pestisida, serta polusi udara dan air. Menurut *World Health Organization* (WHO), 99% populasi dunia menghirup udara yang tercemar, dan polusi udara menjadi penyebab kematian dini sekitar 7 juta orang setiap tahunnya [2]. Polusi udara umumnya berasal dari aktivitas manusia seperti transportasi, industri, dan pembangkit listrik yang menghasilkan zat berbahaya seperti karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida (CO₂). Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara sangat penting.

Upaya pemantauan kualitas lingkungan selama ini telah banyak dilakukan dengan metode manual dan alat-alat stasioner. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring berbasis mikrokontroler dan sensor lingkungan seperti MQ-135 untuk gas, BH1750 untuk cahaya, serta DHT22 untuk suhu dan kelembapan. Misalnya, penelitian oleh Arif Johar Taufiq dari Universitas Muhammadiyah Purwokerto mengembangkan sistem monitoring kualitas udara di lingkungan perkotaan secara real-time[3]. Namun, sistem tersebut bersifat statis, hanya mencakup satu titik pemantauan, dan kurang efektif dalam mengamati lingkungan yang dinamis seperti perairan terbuka. Selain itu, alat-alat pemantauan komersial cenderung mahal dan tidak fleksibel dalam skenario pemantauan luas.

Untuk menjawab tantangan tersebut, sistem pemantauan berbasis *Unmanned Surface Vehicle* (USV) atau kapal permukaan tanpa awak menjadi solusi yang relevan. USV dapat bergerak secara otonom di atas permukaan air dan memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara langsung dan menyeluruh tanpa kehadiran manusia. Dengan konsep teknologi *swarm* USV, di mana banyak unit kapal saling berkoordinasi, sistem ini dapat memperluas cakupan pemantauan sekaligus meningkatkan efisiensi operasional[4]. Pada penelitian ini, dirancang sistem pemantauan kualitas udara dan lingkungan berbasis USV tenaga surya (*solar autonomous boat*) yang mengintegrasikan sensor suhu, kelembapan, gas, cahaya, hujan, dan radiasi UV ke dalam satu sistem bergerak. Sistem ini diharapkan dapat menyelesaikan keterbatasan metode sebelumnya yang bersifat statis, mahal, dan tidak terintegrasi.

Urgensi dari penelitian ini juga didukung oleh meningkatnya kebutuhan akan sistem pemantauan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, khususnya di wilayah-

wilayah perairan yang rentan terhadap pencemaran dan perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia. Dengan menggunakan tenaga surya, sistem ini juga mengedepankan efisiensi energi dan keberlanjutan. Selain itu, data pemantauan dari sistem ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan kebijakan lingkungan dan konservasi danau. Maka dari itu, penelitian ini penting dilakukan sebagai bagian dari pengembangan teknologi lingkungan cerdas berbasis IoT dan robotik, serta memberikan kontribusi nyata dalam penerapan teknologi swarm USV di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang sistem pengukuran kualitas udara dan lingkungan yang dapat mengukur parameter suhu, kelembapan, kualitas udara, intensitas cahaya, deteksi hujan, dan indeks UV dengan menggunakan Arduino Nano V3?
2. Bagaimana mengintegrasikan berbagai sensor tersebut dalam satu sistem yang kompak dan efisien untuk diaplikasikan pada platform kendaraan otonom seperti Solar Autonomous Boat dalam teknologi *swarm* USV?
3. Bagaimana cara menguji sistem pengukuran kualitas udara dan lingkungan yang dapat beroperasi pada solar autonomous boat sebagai bagian dari teknologi *swarm* USV?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Merancang sistem pengukuran kualitas udara dan lingkungan yang mampu mengukur parameter suhu, kelembapan, kualitas udara, intensitas cahaya, deteksi hujan, dan indeks UV menggunakan Arduino Nano V3.
2. Mengintegrasikan seluruh sensor ke dalam satu sistem untuk diimplementasikan pada kendaraan otonom seperti *Solar Autonomous Boat*.
3. Menguji sistem dalam kondisi nyata untuk memastikan akurasi pengukuran, keandalan komunikasi data, dan kemampuan operasional sistem di lingkungan perairan terbuka.

1.4 Cakupan Pengerjaan

Adapun cangkupan pengerjaan dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Ruang lingkup pekerjaan: mencakup perancangan sistem sensor berbasis Arduino Nano V3 untuk mengukur suhu, kelembapan, gas, intensitas cahaya, hujan, dan UV. Dilakukan juga perakitan perangkat keras yang tahan terhadap kondisi luar ruangan serta pemrograman Arduino untuk membaca dan mengirim data sensor melalui serial dalam format CSV.
2. Penyediaan dataset dan constraint produk: data diperoleh langsung dari pembacaan sensor secara real-time di lingkungan terbuka. Sistem dirancang tahan cuaca, hemat daya, dan dapat beroperasi dengan tenaga surya dari Solar Autonomous Boat.
3. Pemisahan tugas tim: penulis fokus pada perancangan, integrasi, dan pengujian sistem sensor. Desain navigasi dan komunikasi swarm tidak menjadi tanggung jawab penulis, namun tetap dilakukan koordinasi teknis dengan tim pengembang kapal.

1.5 Tahapan Pengerjaan

1. Analisis Permasalahan

Mengidentifikasi tantangan dalam perancangan sistem pengukuran kualitas udara dan lingkungan pada *solar autonomous boat*, termasuk keterbatasan sistem pemantauan yang ada.

2. Studi Literatur

Mempelajari teknologi yang mendukung perancangan sistem pengukuran kualitas udara dan lingkungan pada *solar autonomous boat*, seperti mikrokontroler, komunikasi jarak jauh, integrasi perangkat keras dan lunak, pemanfaatan energi surya, serta metode pengambilan dan pengolahan data lingkungan secara real-time.

3. Perakitan dan Penyusunan Rangkaian Sensor

Menyusun dan merangkai seluruh komponen sensor pada *breadboard* atau media uji untuk membentuk prototipe sistem awal.

4. Pengujian Awal Rangkaian Sensor

Melakukan pengujian fungsi sensor menggunakan Arduino Nano V3 untuk memastikan semua sensor dapat bekerja dengan baik.

5. Pengujian Pengiriman Data ke Mikrokontroler LoRa

Menghubungkan Arduino Nano V3 ke mikrokontroler LoRa untuk mengirimkan data sensor. Jika data tidak diterima, dilakukan analisis kesalahan dan penyempurnaan sistem komunikasi.

6. Pengujian PCB

Setelah sistem berhasil diuji pada prototipe, rangkaian akan diuji untuk memastikan tidak ada kesalahan jalur dan semua komponen bekerja sebagaimana mestinya.

7. Pembuatan dan Pemasangan Casing

Menentukan Desain, membuat, dan mencetak casing sensor untuk melindungi rangkaian dari kondisi lingkungan. Dilanjutkan dengan pemasangan dan pengkabelan di dalam *casing*.

8. Pengujian Sistem Akhir

Melakukan pengujian menyeluruh terhadap sistem yang telah dirakit secara lengkap, termasuk integrasi sensor, mikrokontroler, komunikasi data, dan casing pada kapal.

9. Selesai

Sistem berjalan dengan baik dan semua pengujian berhasil, sehingga proses perancangan sistem dinyatakan selesai.