

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Gelombang laut tidak hanya berperan dalam dinamika oseanografi, akan tetapi juga memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan melalui sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Dalam pengembangan pembangkit tersebut, pemantauan karakteristik gelombang seperti tinggi, periode, dan frekuensi menjadi sangat penting untuk menentukan potensi energi yang dapat dikonversi serta menjaga stabilitas dan keamanan sistem. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang mampu bekerja secara kontinu, *real-time*, dan andal di lingkungan laut yang dinamis dan menantang.

Dalam pengujian langsung yang dilakukan di lingkungan laut lepas memiliki sejumlah tantangan, di antaranya biaya operasional yang tinggi, dalam resiko kerusakan perangkat akibat kondisi cuaca dan gelombang ekstrem, keterbatasan akses lokasi, serta faktor keselamatan pengujian. Selain itu kondisi ini mendorong perlunya tahapan pengujian awal pada lingkungan yang terkontrol sebelum sistem diimplementasikan pada kondisi laut yang sebenarnya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan ialah pengujian alat dengan menggunakan simulator gelombang, yang dapat merepresentasikan karakteristik pergerakan gelombang laut (tinggi, periode, dan frekuensi) secara terkendali dan berulang, dalam proses validasi sensor, algoritma pengolahan data, serta dalam komunikasi data dapat dilakukan secara lebih aman, efisien, dan terukur sebelum sistem dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi di lapangan.

Teknologi LoRa (*LONG RANGE*) hadir sebagai solusi komunikasi nirkabel berdaya rendah akan tetapi dengan jangkauan cukup luas sehingga sesuai untuk mendukung sistem monitoring berbasis IoT, termasuk dalam

tahap pengujian menggunakan simulator. Penelitian oleh (Majumder, et al. 2024), menunjukkan bahwa LoRaWAN mampu mentransmisikan data lingkungan laut dari buoy ke stasiun darat dengan konsumsi daya rendah dan stabilitas komunikasi yang baik pada jarak jauh. Sistem ini menggunakan arsitektur *node buoy-gateway-server* yang efektif untuk monitoring jangka panjang dan dapat diadaptasi ke dalam skema pengujian berbasis simulator.

Penelitian terbaru (OLB Research Group 2026), mengembangkan buoy LoRa *open-source* yang dirancang khusus agar pengukuran yang dilakukan didaerah perairan pesisir. Dalam studi ini menekankan efisiensi energi, desain mekanik buoy, serta validasi komunikasi LoRa pada lingkungan laut terbuka. Keunggulan utama penelitian ini adalah keterbukaan desain perangkat keras dan perangkat lunak sehingga dapat direplikasi dan dikembangkan, termasuk untuk keperluan pengujian pada skala laboratorium atau simulator sebelum diterapkan pada kondisi nyata.

Sementara itu, (SAPUTRO, et al. 2026) mengembangkan smart buoy berbasis LoRa dan IoT untuk monitoring gelombang laut di wilayah Madura. Sistem ini menggunakan sensor IMU untuk mendeteksi pergerakan gelombang dan menerapkan *fuzzy logic* dalam pengolahan data. Sistem mampu mengklasifikasikan kondisi gelombang laut secara akurat dan data berhasil dikirimkan menggunakan LoRa. Pendekatan sensor IMU dan metode klasifikasi ini menjadi acuan penting dalam perancangan sistem yang diuji pada simulator gelombang.

Dari sisi validasi sensor, (Suwardiyanto, et al. 2023) mengembangkan instrumen monitoring gelombang berbasis *accelerometer* yang dikombinasikan dengan komunikasi LoRa. Dalam penelitian ini akan menekankan proses kalibrasi dan pengujian lapangan, sehingga memberikan referensi kuat untuk validasi hasil pengukuran gelombang laut, dalam penelitian ini diterapkan pada pengujian menggunakan simulator sebagai representasi kondisi gelombang.

Analisis performa komunikasi LoRa pada lingkungan laut dilakukan oleh (Sa'adah, et al. 2024), yang mengevaluasi parameter RSSI dan SNR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LoRa mampu mempertahankan komunikasi stabil pada jarak jauh meskipun berada di lingkungan dengan gangguan *multipath* dan *non-line-of-sight*.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa LoRa merupakan teknologi komunikasi yang andal untuk sistem monitoring gelombang laut berbasis buoy, terutama untuk aplikasi jangka panjang dengan kebutuhan daya rendah.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang menjadi dasar dari penelitian ini, antara lain:

1. Diperlukan sistem pengolahan dan penyajian data secara *real-time* agar hasil monitoring gelombang dapat dipantau dan dianalisis dengan mudah.
2. Belum tersedianya sistem monitoring gelombang berbasis LoRa yang dapat diuji secara terkontrol menggunakan simulator sebelum diimplementasikan pada kondisi laut sesungguhnya.
3. Belum adanya pengujian dan validasi performa komunikasi LoRa (RSSI, SNR, delay pengiriman data) pada skenario pengujian menggunakan simulator gelombang.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka batasan masalah yang diterapkan adalah:

1. Pengujian sistem monitoring gelombang dilakukan menggunakan simulator gelombang (wave simulator), bukan pada kondisi laut sesungguhnya.
2. Parameter komunikasi LoRa yang dievaluasi terbatas pada jarak

transmisi, RSSI, SNR, dan keberhasilan pengiriman data pada skala simulator/laboratorium.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring gelombang yang mampu mendeteksi tinggi, periode, dan frekuensi gelombang menggunakan simulator?
2. Bagaimana performa komunikasi LoRa (RSSI, SNR, dan keberhasilan pengiriman data) pada pengujian menggunakan simulator gelombang?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring gelombang dengan komunikasi LoRa untuk pengujian pada simulator.
2. Mengimplementasikan sensor pendeteksi karakteristik gelombang (tinggi, periode, dan frekuensi) pada perangkat monitoring.
3. Menguji dan menganalisis performa komunikasi LoRa (RSSI, SNR, dan tingkat keberhasilan pengiriman data) pada skenario pengujian simulator gelombang.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Menambah referensi dan pengetahuan mengenai penerapan komunikasi LoRa dalam sistem monitoring gelombang laut.
2. Bagi peneliti: menjadi sarana pengembangan kompetensi dalam merancang sistem monitoring berbasis IoT dan LoRa.
3. Bagi institusi/akademik: menjadi rancang bangun yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan penelitian lanjutan di bidang instrumentasi kelautan.

4. Bagi pengembangan teknologi energi terbarukan: hasil pengujian pada simulator dapat menjadi dasar pengembangan sistem monitoring yang lebih matang sebelum diimplementasikan pada gelombang laut yang sesungguhnya.

