

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kepulauan terbesar di dunia, memiliki garis pantai sepanjang 95.181 km dan terdiri dari 17.504 pulau. Dengan luas wilayah laut yang begitu besar, Indonesia berbatasan dengan banyak negara tetangga, sehingga penentuan batas maritim menjadi sangat kompleks. Berdasarkan UNCLOS (*United Nation Convention on the Law of the Sea*) 1982, batas laut teritorial ditetapkan sejauh 12 mil laut (22,224 km) dari garis pangkal. Namun, karena kedekatan geografis dengan negara-negara tetangga, seringkali batas ini tidak dapat diterapkan secara penuh dan memerlukan negosiasi khusus. [1] Akibat kompleksitas penentuan batas maritim ini, sering terjadi pelanggaran batas oleh kapal tradisional maupun nelayan lokal. Beberapa kasus menunjukkan bahwa kapal-kapal nelayan tradisional memasuki perairan batas maritim negara lain secara ilegal untuk melakukan penangkapan ikan tanpa izin (*IUU Fishing*) atau aktivitas lainnya yang melanggar hukum perjanjian batas maritim antar negara. Pelanggaran semacam ini tidak hanya merugikan sumber daya laut, tetapi juga memicu konflik antar-negara seperti penangkapan nelayan tradisional secara paksa serta menuntut peningkatan pengawasan dan penegakan hukum di wilayah perbatasan maritim.

Dalam kondisi tersebut, nelayan tradisional Indonesia yang beroperasi di perairan dekat batas negara sering kali tidak menyadari bahwa mereka telah memasuki wilayah yang rawan sengketa atau bahkan melewati batas maritim yang ditetapkan. Pelanggaran semacam ini sering terjadi secara tidak disengaja, namun tetap berdampak pada aspek hukum internasional serta keselamatan nelayan itu sendiri. Hal ini kerap terjadi karena nelayan tradisional Indonesia tidak memiliki teknologi pendukung yang dapat menjadi sumber notifikasi terhadap pelanggaran batas maritim.

Stabilitas keamanan maritim Indonesia juga terganggu oleh berbagai bentuk ancaman, seperti penyelundupan, perdagangan manusia, pembajakan, dan terorisme. Ratusan kasus gangguan keamanan dan keselamatan di laut terjadi setiap

tahun di wilayah perairan Indonesia sejak 2015 hingga 2022. Hingga kuartal pertama 2023, jumlah kasus gangguan keamanan dan keselamatan di laut sudah mencapai 52 kasus, didominasi oleh penyelundupan, penangkapan ikan ilegal, dan perdagangan manusia. [2] Pada tahun 2022, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menangkap 212 unit kapal ikan, yang terdiri dari 195 unit kapal ikan Indonesia yang melanggar aturan dan 16 unit kapal ikan asing yang melakukan illegal fishing. Selain itu, dalam dua tahun terakhir (2021-2022), banyak kapal ikan asal Indonesia melakukan penangkapan ikan ilegal di perairan Natuna Utara menggunakan metode yang merusak sumber daya ikan di negara lain dan menyebabkan beberapa sengketa yang cukup serius. [3]

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan sistem pemantauan maritim yang efektif. salah satunya dengan memanfaatkan sistem pemantauan berbasis *GPS (Global Positioning System)*. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan dengan memanfaatkan teknologi sederhana berbasis arduino dan sensor GPS Neo-6M yang di implementasikan oleh I Made Sapta Hadi dan I Made Andi Arsana dari Universitas Gadjah Mada.[4] Implementasi sistem alarm berbasis GPS ini dapat menjadi tindakan preventif bagi para nelayan lokal agar tidak melewati batas maritim Indonesia. Sistem ini dapat memberikan peringatan dini berbasis *Geofencing status* kepada nelayan ketika mereka sedang mendekati atau melewati batas maritim yang ditentukan, sehingga dapat mencegah pelanggaran yang tidak disengaja. Akan tetapi, Fokus penelitian tersebut hanya mencakup pada sistem peringatan saja. Sistem pemantauan juga dibutuhkan agar di lain waktu, pihak-pihak terkait dapat memiliki arsip serta catatan pelanggaran yang telah dilakukan oleh nelayan. Hal ini menjadi tindakan preventif untuk permasalahan pelanggaran batas maritim yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penggunaan teknologi *Long Range (LoRa)* juga dapat membantu memperluas jangkauan komunikasi dan pemantauan di wilayah perbatasan maritim.

LoRa adalah teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Dalam konteks maritim, LoRa dapat digunakan untuk memantau posisi dan aktivitas kapal secara *real-time*. Misalnya,

penelitian telah menunjukkan bahwa implementasi LoRa pada kapal nelayan dapat mencapai jarak pengiriman data hingga 7,2 km. Dengan memanfaatkan teknologi LoRa, sistem *GPS-based alarm* dapat dirancang untuk mengirimkan data posisi kapal serta indikator peringatan secara berkala ke stasiun pemantau di darat. Data ini kemudian dapat dianalisis untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan dalam hal pelanggaran batas maritim. Berintegrasi dengan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) memungkinkan pengiriman data yang efisien serta memudahkan integrasi dengan sistem lain, seperti pusat komando berbasis HTML. [5]

Penerapan sistem pemantauan *GPS-Based Alarm* berbasis LoRa-MQTT diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengawasan wilayah perairan Indonesia, mengurangi pelanggaran batas maritim, dan menjaga kedaulatan negara. Namun, tantangan seperti keterbatasan jangkauan sinyal, evaluasi metode, serta pengaruh jangkauan komunikasi terhadap kondisi maritim juga harus di perhatikan dalam implementasi penelitian ini. Diharapkan, pengembangan dan implementasi teknologi pemantauan maritim berbasis LoRa dapat menjadi solusi efektif dalam menjaga keamanan dan kedaulatan wilayah perairan Indonesia.

Pada penelitian kali ini, peneliti mengimplementasikan metode *Geofencing* sebagai formula untuk mendapatkan klasifikasi status dan juga kondisi dari kapal nelayan yang beroperasi di daerah batas maritim Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga di implementasikan dengan menggabungkan sistem LoRa dan juga MQTT untuk memungkinkan adanya pemantauan secara langsung dari jarak yang cukup jauh. Selain peneliti juga berfokus terhadap jarak pemantauan yang nantinya dapat di tingkatkan berdasarkan kebutuhan dari pemantauan tersebut. Peneliti menggunakan konsep *peer to peer* yang melibatkan 3 komponen yang akan saling berkomunikasi secara langsung. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan *dashboard* pemantauan yang dapat diakses oleh pihak - pihak yang bersangkutan. *Dashboard* tersebut akan menampilkan kondisi kapal (didalam atau diluar batas maritim) serta lokasi secara *real-time* jika kapal tersebut berada dekat atau melewati batas maritim yang telah di tentukan, menjadikannya lebih interaktif dan relevan

untuk penggunaan nelayan tradisional serta pemantauan oleh lembaga kemaritiman.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat akurasi sensor GPS (Neo-6M dan Neo-M8N) pada sistem *GPS-Based Alarm*?
2. Bagaimana kemampuan modul LoRa SX1278 dalam melakukan komunikasi dan pengiriman data antar perangkat, serta bagaimana penerapannya di kondisi iklim pantai yang berbeda?
3. Bagaimana hasil *monitoring* sistem baik secara *real-time* maupun periodik pada tampilan *dashboard* sebagai salah satu keluaran dari sistem?
4. Bagaimana penerapan metode *Geofencing* khususnya *line crossing detection* terhadap pengawasan batas maritim?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisis tingkat akurasi sensor GPS pada sistem GPS-Based Alarm dalam mendeteksi posisi kapal secara tepat di wilayah pengawasan batas maritim.
2. Menguji kemampuan modul LoRa SX1278 dalam melakukan komunikasi dan pengiriman data antar perangkat, meliputi jangkauan, kestabilan sinyal, serta keandalan transmisi data di kondisi laut terbuka.
3. Membuat *dashboard* pemantauan lokal berbasis HTML dan PHP yang akan terhubung langsung melalui MQTT untuk menampilkan lokasi serta kondisi kapal secara langsung.
4. Menerapkan dan mengevaluasi metode *Geofencing* berbasis *line crossing detection* dalam pengawasan batas maritim, serta menentukan klasifikasi zona posisi kapal (Aman, Waspada, atau Pelanggaran).

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Penelitian ini bertujuan meningkatkan pengawasan maritim dan keselamatan nelayan melalui sistem pemantauan berbasis GPS dengan metode *Geofencing* dan protokol komunikasi LoRa. Sistem ini memberikan peringatan dini melalui *line crossing detection* agar nelayan tidak melewati batas maritim yang telah ditentukan, sehingga mencegah pelanggaran dan mengurangi risiko penangkapan oleh otoritas asing. Selain itu, pemantauan periodik memungkinkan deteksi cepat aktivitas mencurigakan. Sementara itu, teknologi LoRa dengan *repeater* memperluas jangkauan komunikasi hingga 3 km di laut. Dengan sistem ini, diharapkan pengawasan batas maritim lebih optimal, pelanggaran batas berkurang, serta keamanan dan kesejahteraan nelayan meningkat.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Pengujian sensor GPS, metode *Geofencing*, serta komunikasi LoRa dilakukan di pesisir pantai (Pantai utara dan Selatan) untuk mengetahui perbedaan kondisi iklim terhadap keberjalanan sistem.
2. Metode *Geofencing* yang digunakan berfokus pada metode Line Crossing Detection.
3. Alat yang dibuat adalah prototype yang difokuskan untuk mencari hasil dari metode *Geofencing Line Crossing Detection* serta komunikasi LoRa di daerah maritim khususnya laut lepas.
4. Jarak komunikasi yang diharapkan adalah 1 sampai 3 km di lingkungan maritim.
5. Alur komunikasi pada sistem (*Transmitter, Repeater, Receiver*, dan *MQTT*) diterapkan secara satu arah.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang akan diterapkan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah Metode Penelitian dan pengembangan. Berikut adalah tahapan-tahapan yang akan dikerjakan penulis;

1. Perumusan Masalah

Pada tahap awal akan dilakukan perumusan masalah yang diperoleh berdasarkan penelitian terlebih dahulu, yang akan menjadi latar belakang peneliti untuk diselesaikan.

2. Tinjauan Pustaka

Tahap ini akan dilakukan pengumpulan studi akan teori-teori yang berhubungan dengan peneliti ini sebagai pendukung dari penelitian ini untuk membantu mencari solusi yang tepat.

3. Perancangan Sistem

Pada tahap yang ketiga ini, Penulis akan mencoba untuk menguraikan perangkat baik lunak maupun keras yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian beserta menyiapkan gambaran alur kerja penelitian untuk tahapan selanjutnya.

4. Implementasi Sistem

Tahap ini difokuskan kepada implementasi perangkat lunak dan kerasnya sesuai dengan alur yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya baik dengan merangkai perangkat keras maupun melakukan coding dan konfigurasi dengan perangkat lunak.

5. Pengujian Sistem

Tahap pengujian ini bertujuan supaya semua sistem dan perangkat bekerja sesuai dengan yang diharapkan dari data yang diterima nantinya.

6. Kesimpulan

Tahap akhir ini merupakan tahap untuk menampilkan hasil akhir peneliti beserta kesimpulannya.

1.7 Sistematika Laporan Tugas Akhir

Kerangka penulisan penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dengan membuat ringkasan susunan kerangka dari penelitian Tugas Akhir ini. Berikut adalah 5 Bab kerangka penulisan penelitian:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, dan kerangka penulisan penelitian.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori-teori yang akan berguna sebagai dasar pembelajaran berdasarkan penelitian sebelumnya yang terkait dengan sistem, dan alat-alat sebagai landasan teori yang mendukung penelitian ini.

3. BAB III ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini akan membahas tentang kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan serta merancang alur kerja untuk di implementasikan pada bab selanjutnya.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan berisi tentang proses pengerjaan dan hasil berupa data yang diperoleh dari sistem yang telah di implementasikan sesuai dengan alur kerja pada bab sebelumnya.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari implementasi sistem ini dan saran untuk pengembangan selanjutnya apabila terdapat hal yang belum terpikirkan oleh penulis.