

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang terbentang dari Sabang sampai Merauke, berdasarkan data Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman, Indonesia memiliki luas wilayah 5,180,053 km² dengan luas daratan 1,922,570 km² (37.11%) dan luas perairan 3,257,483 km² (62.89%). Sebagai negara maritim, pelabuhan menjadi kunci dalam transportasi Nusantara. Fungsinya tak berhenti sebagai konektivitas mobilitas antarpulau, tetapi juga menentukan kelancaran ekonomi daerah-daerah. Pelabuhan merupakan komponen penting bagi negara, terutama negara maritim yang memiliki ketergantungan besar pada rute laut untuk mencapai kepentingan negaranya sehingga diperlukannya keamanan maritim. Terciptanya kondisi kemandirian diperlukan untuk mendukung seluruh aktivitas di pelabuhan agar meningkatkan aktivitas operasional pelabuhan, sehingga diperlukannya pengawasan secara konvensional untuk menjaga kekayaan alam lautan, ketahanan dan keamanan Indonesia. Biaya operasional untuk melakukan patroli di perairan tidak murah, sehingga diperlukan usaha yang lebih efektif untuk melakukan pengawasan di laut. Kesadaran mengetahui status kelautan dengan berbagai platform cukup dibutuhkan. Analisis pergerakan kapal penting dalam berbagai konteks, terutama dalam kaitannya dengan keamanan maritim, manajemen lalu lintas laut, dan perlindungan lingkungan laut. Deteksi anomali pergerakan kapal penting dalam keamanan maritim karena membantu mengungkap kemungkinan tindakan mencurigakan seperti penyelundupan, pembajakan, atau pelanggaran perbatasan.

Automatic Identification System (AIS) diperkenalkan di bidang maritim untuk meningkatkan keamanan lalu lintas laut. Pesan AIS dikirim sebagai siaran ke kapal-kapal terdekat dan memberikan informasi tentang identitas kapal, posisi, kecepatan, dan arah kapal pengirim (Wolsing et al., 2022). AIS adalah standar internasional untuk komunikasi antara kapal dan stasiun darat yang dikembangkan untuk meningkatkan keselamatan maritim, yang akan

membantu kapal menghindari tabrakan dan dengan membantu *Vessel Traffic Services* (VTS) dalam mengendalikan kapal yang berlayar di dekat pantai dan pelabuhan tertentu (Tetreault, 2005). Oleh karena itu, AIS telah menjadi sistem yang penting untuk menilai risiko terjadinya tabrakan di laut (Liu et al., 2020) (Zhen et al., 2017) dan melakukan pengawasan, termasuk operasi anti-pembajakan atau mencegah penangkapan ikan secara ilegal (Natale et al., 2015).

Untuk mengetahui status kelautan atau informasi kelautan, visualisasi data dapat digunakan untuk hal tersebut, visualisasi data dapat menunjukkan pergerakan kapal sehingga dapat memberikan wawasan yang lebih baik mengenai pergerakan kapal, data diubah menjadi informasi dalam bentuk visual sehingga dapat dikomunikasikan secara efektif kepada audiens yang dituju. Untuk menyampaikan wawasan secara efektif dari data, dibutuhkan kemahiran desain, keahlian teknologi, dan pengalaman. Data harus direpresentasikan secara tepat melalui grafik yang menarik secara visual dan bahasa yang menarik agar berhasil menyampaikan pesan kepada audiens yang dituju (Lo Duca & McDowell, 2024). Menyampaikan informasi dari data secara efektif membutuhkan integrasi kreatif antara visualisasi data dan teknik bercerita, menghubungkan data mentah dengan wawasan yang dapat ditindaklanjuti dan keputusan yang tepat (Lo Duca & McDowell, 2024). Mengubah visualisasi menjadi cerita data memperkuat kekuatan komunikatif data tersebut, memungkinkan audiens untuk lebih memahami informasi yang kompleks, mengetahui apa yang harus dilakukan dan mengapa (Dykes, 2019).

Visualisasi data AIS memberikan wawasan tentang pola lalu lintas maritim, menyoroti area dengan kepadatan tinggi. Lokasi yang padat sering kali dipantau karena kerentanannya terhadap ancaman, termasuk tabrakan, kemacetan, dan aktivitas ilegal. Selain itu, analisis visual dapat membantu mengidentifikasi anomali, yaitu pola pergerakan kapal yang tidak biasa, seperti kapal yang berperilaku berbeda dari kapal lain meskipun statusnya sama, dan kapal besar yang membawa barang berbahaya (*“cargo-hazardous type”*) yang melaju dengan kecepatan tinggi di area lalu lintas yang padat. Kedua hal ini dikategorikan sebagai anomali karena mengapa kapal tersebut

berperilaku berbeda dengan kapal lain yang berstatus sama?, dan kapal besar seharusnya tidak dalam kecepatan tinggi terutama di area lalu lintas padat apalagi dengan jenis kargo yang berbahaya. Anomali dalam lintasan AIS mengacu pada perilaku yang menyimpang dari norma atau, lebih tepatnya, tidak diharapkan selama operasi standar(Scania & Laxhammar, 2008).

Untuk mengetahui daerah dengan lalu lintas kepadatan tinggi dapat menggunakan metode grid, metode ini telah digunakan sebelumnya di Pelabuhan Tianjin untuk mengetahui kepadatan kapal di pelabuhan tersebut, Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan kapal di Pelabuhan Tianjin bervariasi berdasarkan lokasi. Area pelabuhan memiliki kepadatan yang tinggi, sedangkan area labuh dan jalur menunjukkan kepadatan yang lebih rendah dan distribusi yang lebih seragam(Yang et al., 2021).

Selanjutnya, deteksi anomali akan dilakukan dengan mencarinya melalui visualisasi dimana data AIS dikonversi ke dalam bentuk visualisasi dengan bahasa python menggunakan *library* Matplotlib. Tujuan dari visualisasi data adalah untuk menyampaikan data dan informasi visual dengan lebih jelas dan efisien melalui representasi grafis yang sesuai. *Python* adalah pilihan yang baik, menawarkan banyak pustaka pihak ketiga, komunitas sumber terbuka, dan dokumentasi yang ditingkatkan secara konsisten untuk visualisasi data. Matplotlib, sebuah pustaka yang ditulis dalam *Python*, memiliki sintaks yang sederhana, ketepatan rendering yang baik, dan kode yang mudah dipahami(Cao et al., 2021).

1.2 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ada banyak batasan yang harus dipertimbangkan untuk menetapkan ruang lingkup yang jelas dan fokus analisis yang sesuai. Batasan-batasan ini meliputi:

1. Jumlah Data AIS Historis: Studi ini hanya menggunakan data AIS historis yang tersedia selama periode 01-April-2021 02:46 s/d 01-April-2021 23:56.
2. Jumlah Anomali yang ditemukan: Selama waktu pengujian yaitu sekitar 3 bulan, dimana percobaan mencari anomali dilakukan seminggu

sekali, berarti sekitar sepuluh minggu untuk pengujian/mengeksplor data/mencari anomali, dan dua minggu untuk penulisan, terdapat 5 anomali yang dicari tetapi hanya 3 yang tervalidasi, 1 anomali masih belum ditemukan kode optimal untuk mencarinya karena masih terdapat error selama percobaan dan 1 anomali lainnya tidak dapat dikategorikan sebagai anomali saat diperiksa kembali atau divalidasi. Jadi hanya ada 3 anomali yang dikategorikan menjadi 2 jenis anomali yaitu kapal yang berperilaku berbeda dari kapal lain meskipun statusnya sama, dan kapal besar yang membawa barang berbahaya (“*cargo-hazardous type*”) yang melaju dengan kecepatan tinggi di area lalu lintas yang padat.

3. Visualisasi data: Visualisasi dilakukan dengan menggunakan skrip *Python* dengan pendekatan dua dimensi (2D), dan oleh karena itu tidak mengandung analisis atau visualisasi berbasis waktu tiga dimensi (3D).
4. Cakupan Geografis: Penelitian ini terbatas pada wilayah Pelabuhan Tanjung Priok yang menjadi fokus penelitian, sehingga kesimpulan yang diperoleh tidak dapat dengan serta merta disimpulkan untuk wilayah lain.
5. Validasi Hasil: Validasi hasil deteksi anomali dilakukan secara manual dengan membandingkan pola yang dihasilkan dengan data referensi atau pengetahuan yang terkait.

Dengan adanya batasan ini, diharapkan penelitian ini dapat lebih terarah dan informasi yang dikumpulkan tetap relevan untuk mendukung pemantauan aktivitas kapal.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pendekatan *kernel density estimation* (KDE) dapat membantu dalam membuat grid yang menggambarkan kepadatan pergerakan kapal?
2. Bagaimana memvisualisasikan data pergerakan kapal dan menemukan anomali untuk mendukung pemantauan maritim?

3. Seberapa besar kondisi dan kualitas data AIS mempengaruhi jumlah anomali yang terdeteksi?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menggunakan *kernel density estimation* (KDE) untuk membangun grid yang menunjukkan kepadatan pergerakan kapal berdasarkan data historis AIS.
2. Buat visualisasi data pergerakan kapal historis dan anomali yang ditemukan untuk mendukung pemantauan maritim.
3. Mengevaluasi pengaruh kondisi dan kualitas data AIS terhadap temuan deteksi anomali, termasuk jumlah dan ketepatan anomali yang teridentifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menyediakan visualisasi yang dapat digunakan untuk membantu pengambilan keputusan yang berkaitan dengan keamanan dan aktivitas kelautan.
2. Meningkatkan keamanan laut dengan mengenali aktivitas kapal yang mencurigakan atau anomali.
3. Membantu otoritas kelautan dengan menyediakan data tentang daerah lalu lintas yang padat dan anomali yang pernah terjadi sebelumnya.