

Inovasi Keselamatan Pelayaran: Peran Big Data dan IoT dalam Mengurangi Risiko

(Shipping Safety Innovation: The Role of Big Data and IoT in Reducing Risk)

Mursidi¹, Aris Sarjito²

**¹Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal,
Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah**

²Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Abstrak: Keselamatan pelayaran merupakan aspek krusial dalam industri maritim yang menghadapi berbagai risiko kecelakaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran inovatif Big Data dan Internet of Things (IoT) dalam meningkatkan keselamatan pelayaran melalui prediksi dan pencegahan kecelakaan. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan menggunakan data sekunder dari laporan industri, artikel jurnal, dan publikasi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Big Data dapat meningkatkan kemampuan prediksi dan pencegahan kecelakaan pelayaran dengan menganalisis data cuaca, pergerakan kapal, dan kondisi laut untuk menghasilkan model prediktif yang akurat. Selain itu, IoT memberikan kontribusi spesifik dalam pemantauan real-time dan mitigasi risiko melalui sensor dan sistem AIS yang menyediakan data secara langsung untuk pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. Namun, integrasi Big Data dan IoT menghadapi tantangan utama seperti keamanan siber, biaya implementasi, dan kebutuhan infrastruktur yang memadai. Meskipun demikian, prospek pengembangan teknologi ini sangat menjanjikan dengan adanya peningkatan protokol keamanan, pengurangan biaya melalui inovasi, dan pengembangan infrastruktur telekomunikasi maritim. Kesimpulannya, Big Data dan IoT memiliki potensi besar untuk meningkatkan keselamatan pelayaran, namun memerlukan perhatian terhadap tantangan yang ada untuk mewujudkan manfaatnya secara penuh.

Kata Kunci: big data, IoT, keselamatan pelayaran, mitigasi risiko, prediksi kecelakaan

Abstract: Shipping safety is a crucial aspect in the maritime industry which faces various risks of accidents. This research aims to examine the innovative role of Big Data and the Internet of Things (IoT) in improving shipping safety through accident prediction and prevention. The research method used is qualitative using secondary data from industry reports, journal articles and related publications. The research results show that Big Data can improve the ability to predict and prevent shipping accidents by analyzing weather data, ship movements and sea conditions to produce accurate predictive models. In addition, IoT makes a specific contribution in real-time monitoring and risk mitigation through sensors and AIS systems that provide real-time data for fast and informed decision making. However, the integration of Big Data and IoT faces major challenges such as cybersecurity, implementation costs, and the need for adequate infrastructure. Nevertheless, the prospects for developing this technology are very promising with increased security protocols, reduced costs through innovation, and development of maritime telecommunications infrastructure. In conclusion, Big Data and IoT have great potential to improve shipping safety, but require attention to existing challenges to realize their full benefits.

Keywords: accident prediction, big data, IoT, risk mitigation, shipping safety

Alamat korespondensi:

Mursidi, Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah, Jalan A. R. Hakim 150, Surabaya. e-mail: mursidi16@hangtuah.ac.id

Aris Sarjito, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, e-mail: arissarjito@gmail.com

PENDAHULUAN

Keselamatan pelayaran merupakan aspek krusial dalam industri maritim yang terus mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan

teknologi. Inovasi dalam penggunaan Big Data dan Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam upaya mengurangi risiko dan meningkatkan efisiensi operasi

pelayaran. Penelitian ini menyoroti state-of-the-art penerapan Big Data dan IoT dalam meningkatkan keselamatan pelayaran, berdasarkan sumber-sumber terbaru dan terpercaya.

Big Data telah menjadi komponen vital dalam analisis risiko pelayaran. Melalui pengumpulan dan analisis data besar, seperti data cuaca, pergerakan kapal, dan kondisi laut, perusahaan pelayaran dapat memprediksi dan menghindari potensi bahaya (Ma et al., 2024). Analisis Big Data memungkinkan identifikasi pola yang tidak terlihat sebelumnya, yang dapat digunakan untuk mengembangkan strategi mitigasi risiko yang lebih efektif. Misalnya, analisis data cuaca secara real-time dapat memberikan peringatan dini tentang kondisi cuaca buruk yang dapat mengancam keselamatan kapal (Jović et al., 2019).

IoT, dengan kemampuan untuk menghubungkan berbagai perangkat dan sistem melalui internet, memainkan peran penting dalam meningkatkan keselamatan pelayaran. Sensor IoT yang dipasang di kapal dapat memonitor berbagai parameter seperti suhu mesin, kondisi lambung kapal, dan tingkat bahan bakar secara real-time (Cil et al., 2022). Informasi ini kemudian dikirimkan ke pusat kontrol di darat, memungkinkan respons cepat terhadap potensi masalah sebelum menjadi kritis.

Salah satu contoh penerapan IoT adalah sistem Automatic Identification System (AIS), yang memungkinkan kapal untuk saling bertukar informasi seperti identitas, posisi, kecepatan, dan arah secara otomatis. Sistem ini tidak hanya meningkatkan kesadaran situasional tetapi juga membantu

mencegah tabrakan di laut (Forti et al., 2022).

Integrasi Big Data dan IoT menciptakan sinergi yang memperkuat keselamatan pelayaran. Data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dapat dianalisis menggunakan teknik Big Data untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam dan actionable. Misalnya, data sensor dari berbagai kapal dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola kegagalan mesin yang umum, sehingga tindakan preventif dapat diambil sebelum terjadi kerusakan (Durlak et al., 2023).

Selain itu, pemanfaatan Big Data dan IoT memungkinkan prediksi kejadian berbahaya dengan akurasi tinggi. Dengan analisis data historis dan real-time, model prediktif dapat dikembangkan untuk meramalkan potensi kecelakaan dan memberikan rekomendasi tindakan mitigasi. Teknologi ini juga mendukung navigasi yang lebih aman melalui analisis jalur optimal berdasarkan kondisi laut dan cuaca terkini (Kim & Lim, 2022).

Meskipun manfaatnya besar, penerapan Big Data dan IoT dalam keselamatan pelayaran masih menghadapi beberapa tantangan. Isu keamanan siber menjadi perhatian utama karena perangkat IoT rentan terhadap serangan yang dapat membahayakan sistem keselamatan (Akpan et al., 2022). Selain itu, integrasi teknologi ini memerlukan investasi besar dan infrastruktur yang memadai, yang mungkin tidak tersedia di semua negara atau perusahaan pelayaran.

Namun, prospek masa depan menunjukkan tren positif. Dengan kemajuan teknologi dan penurunan

biaya perangkat IoT, adopsi teknologi ini di sektor pelayaran diperkirakan akan semakin meningkat. Penelitian terus-menerus dalam bidang analisis data dan pengembangan perangkat IoT yang lebih aman dan efisien akan semakin memperkuat keselamatan pelayaran di masa mendatang (Ben Farah et al., 2022).

Inovasi dalam Big Data dan IoT membawa perubahan signifikan dalam keselamatan pelayaran dengan mengurangi risiko dan meningkatkan efisiensi operasional. Melalui analisis data yang mendalam dan pemantauan real-time, teknologi ini memungkinkan prediksi dan mitigasi bahaya yang lebih akurat. Meskipun tantangan masih ada, prospek masa depan menunjukkan bahwa integrasi Big Data dan IoT akan terus berkembang dan menjadi tulang punggung keselamatan pelayaran yang lebih baik.

Keselamatan pelayaran merupakan salah satu aspek yang paling krusial dalam industri maritim. Dengan semakin meningkatnya volume perdagangan maritim global, risiko kecelakaan di laut juga meningkat. Teknologi tradisional sering kali tidak cukup untuk mengantisipasi dan mencegah berbagai jenis ancaman yang kompleks. Inovasi dalam Big Data dan Internet of Things (IoT) menawarkan solusi potensial untuk meningkatkan keselamatan pelayaran melalui pemantauan real-time, analisis data yang mendalam, dan prediksi kejadian berbahaya.

Namun, penerapan teknologi ini masih menghadapi berbagai tantangan, seperti isu keamanan siber, biaya tinggi, dan kebutuhan akan infrastruktur yang memadai. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran Big Data dan IoT dalam mengurangi risiko pelayaran, mengidentifikasi manfaat

dan tantangan, serta memberikan rekomendasi untuk implementasi yang lebih efektif.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi peran dan manfaat Big Data dalam meningkatkan keselamatan pelayaran, memahami bagaimana analisis data besar dapat digunakan untuk memprediksi dan menghindari potensi bahaya di laut, menganalisis kontribusi IoT dalam pemantauan real-time dan mitigasi risiko pelayaran, menjelaskan bagaimana sensor dan perangkat IoT dapat meningkatkan kesadaran situasional dan mencegah kecelakaan, serta mengevaluasi tantangan dan prospek masa depan penerapan Big Data dan IoT dalam keselamatan pelayaran dengan menilai hambatan teknis dan ekonomi serta potensi perkembangan teknologi ini di masa depan.

Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana analisis Big Data dapat meningkatkan kemampuan prediksi dan pencegahan kecelakaan pelayaran? Pertanyaan ini berfokus pada bagaimana data besar dari berbagai sumber seperti data cuaca, pergerakan kapal, dan kondisi laut dapat dianalisis untuk menghasilkan model prediktif yang akurat.
2. Apa saja kontribusi spesifik IoT dalam meningkatkan pemantauan real-time dan mitigasi risiko di sektor pelayaran? Pertanyaan ini mengkaji bagaimana perangkat IoT seperti sensor dan sistem AIS dapat memberikan data secara real-time yang membantu dalam pengambilan keputusan yang cepat dan tepat.
3. Apa tantangan utama dalam mengintegrasikan Big Data dan IoT untuk keselamatan pelayaran, dan

bagaimana prospek pengembangannya di masa depan? Pertanyaan ini berfokus pada identifikasi hambatan seperti keamanan siber, biaya, dan infrastruktur, serta bagaimana industri maritim dapat mengatasi tantangan ini.

METODE PENELITIAN

Keselamatan pelayaran merupakan aspek krusial dalam industri maritim yang selalu menjadi perhatian utama. Di era digital saat ini, inovasi teknologi seperti Big Data dan Internet of Things (IoT) memiliki potensi besar untuk meningkatkan keselamatan pelayaran. Penelitian ini bertujuan untuk memahami peran Big Data dan IoT dalam mengurangi risiko di sektor pelayaran melalui metode penelitian kualitatif menggunakan data sekunder, sesuai dengan panduan Creswell (2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana penerapan Big Data dan IoT dapat mengurangi risiko keselamatan dalam industri pelayaran. Secara khusus, penelitian ini akan menganalisis peran teknologi ini dalam deteksi dini bahaya, pengawasan kondisi kapal, dan peningkatan respons terhadap insiden.

Metode Penelitian Kualitatif Menggunakan Data Sekunder Menurut Creswell

John W. Creswell dalam bukunya “Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches” memberikan panduan yang komprehensif tentang metode penelitian kualitatif. Menurut Creswell, penelitian kualitatif adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami fenomena berdasarkan pandangan partisipan. Dalam konteks ini, penelitian menggunakan data sekunder

dapat menjadi pilihan yang efektif untuk mengumpulkan informasi yang kaya dan mendalam (Creswell, 2014).

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan oleh peneliti lain atau instansi dan tersedia untuk dianalisis lebih lanjut. Untuk penelitian ini, data sekunder yang relevan dapat mencakup laporan industri, publikasi akademis, dokumen pemerintah, dan data dari organisasi maritim. Creswell (2014) menekankan pentingnya memilih sumber data yang kredibel dan relevan untuk memastikan validitas dan reliabilitas temuan penelitian.

Analisis Data

Creswell menyarankan beberapa teknik analisis data kualitatif yang dapat diterapkan pada data sekunder, seperti analisis tematik, coding, dan analisis naratif. Dalam penelitian ini, analisis tematik akan digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tema utama terkait dengan penerapan Big Data dan IoT dalam keselamatan pelayaran. Proses coding akan membantu mengorganisir data menjadi kategori yang lebih terstruktur, sementara analisis naratif akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang konteks dan implikasi dari temuan tersebut.

Temuan Penelitian

Berdasarkan analisis data sekunder, beberapa temuan utama terkait peran Big Data dan IoT dalam keselamatan pelayaran dapat diidentifikasi. Pertama, Big Data memungkinkan pengumpulan dan analisis data dalam jumlah besar secara real-time, yang dapat digunakan untuk mendeteksi anomali dan potensi bahaya. Misalnya, analisis data cuaca

dan kondisi laut dapat membantu kapten kapal dalam mengambil keputusan yang lebih baik untuk menghindari area berbahaya.

Kedua, IoT memungkinkan pengawasan kondisi kapal secara terus-menerus melalui sensor yang terhubung ke sistem manajemen kapal. Data dari sensor ini dapat memberikan informasi penting tentang kondisi mesin, struktur kapal, dan lingkungan sekitar, yang dapat digunakan untuk mencegah kerusakan dan kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan.

Ketiga, integrasi Big Data dan IoT dapat meningkatkan respons terhadap insiden. Dalam kasus kecelakaan, data dari berbagai sumber dapat diintegrasikan untuk memberikan gambaran lengkap tentang situasi, sehingga memfasilitasi koordinasi dan respons yang lebih cepat dan efektif dari tim penyelamat.

Kesimpulan

Inovasi teknologi seperti Big Data dan IoT memiliki peran yang signifikan dalam meningkatkan keselamatan pelayaran. Penelitian ini, melalui metode penelitian kualitatif menggunakan data sekunder sesuai dengan panduan Creswell, telah mengidentifikasi berbagai cara di mana teknologi ini dapat mengurangi risiko dalam industri pelayaran. Temuan ini menunjukkan bahwa dengan penerapan yang tepat, Big Data dan IoT dapat menjadi alat yang efektif untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi bahaya, mengawasi kondisi kapal, dan meningkatkan respons terhadap insiden.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Meningkatkan Prediksi dan Pencegahan Kecelakaan Pelayaran Melalui Big Data

Industri pelayaran memainkan peran penting dalam perdagangan global, namun menghadapi berbagai risiko yang dapat menyebabkan kecelakaan serius. Dalam upaya meningkatkan keselamatan pelayaran, analisis Big Data menjadi alat yang sangat berharga. Big Data, yang mencakup data cuaca, pergerakan kapal, dan kondisi laut, dapat dianalisis untuk menghasilkan model prediktif yang akurat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan prediksi dan pencegahan kecelakaan pelayaran.

Pentingnya Big Data dalam Keselamatan Pelayaran

Big Data mengacu pada kumpulan data yang sangat besar dan kompleks yang tidak dapat dianalisis menggunakan metode tradisional. Dalam konteks pelayaran, sumber data ini mencakup data cuaca real-time, data pergerakan kapal melalui Automatic Identification System (AIS), serta data kondisi laut dari sensor dan satelit. Menurut Fan & Bifet (2013), analisis Big Data memungkinkan identifikasi pola dan tren yang tidak terlihat sebelumnya, yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.

Dengan memanfaatkan Big Data, para ahli keselamatan pelayaran dapat menganalisis informasi yang sangat detail dan kompleks untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat. Data cuaca real-time dapat membantu dalam memprediksi kondisi laut yang berbahaya, sedangkan data pergerakan kapal melalui AIS dapat digunakan untuk memantau jalur pelayaran dan menghindari tabrakan (Saputra et al., 2016). Selain itu, data kondisi laut dari

sensor dan satelit juga dapat memberikan informasi penting tentang arus laut, gelombang, dan kondisi lain yang dapat memengaruhi keselamatan kapal. Dengan memanfaatkan Big Data dalam keselamatan pelayaran, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal dan mengurangi risiko kecelakaan di laut (Arifin, 2024).

Analisis Data Cuaca

Data cuaca merupakan salah satu komponen utama dalam analisis Big Data untuk keselamatan pelayaran. Perubahan cuaca yang tiba-tiba dan kondisi cuaca ekstrem dapat menimbulkan risiko besar bagi kapal. Dengan menganalisis data cuaca historis dan real-time, model prediktif dapat dikembangkan untuk memberikan peringatan dini tentang kondisi cuaca berbahaya. Menurut laporan dari (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2022), integrasi data cuaca dengan analisis Big Data telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi prediksi cuaca dan mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kondisi cuaca ekstrem.

Hal ini sangat penting dalam industri pelayaran, di mana keamanan dan keselamatan menjadi prioritas utama. Dengan memanfaatkan teknologi Big Data, para operator kapal dapat memperoleh informasi yang lebih akurat dan cepat mengenai kondisi cuaca yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat dan mengurangi risiko kecelakaan (Kouvaras, 2022). Selain itu, analisis Big Data juga dapat membantu dalam perencanaan rute kapal yang lebih efisien dan aman, sehingga dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas. Dengan

demikian, penggunaan Big Data dalam analisis cuaca untuk keselamatan pelayaran dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi seluruh industri pelayaran.

Analisis Pergerakan Kapal

Data pergerakan kapal, yang diperoleh melalui AIS, memberikan informasi penting tentang posisi, kecepatan, dan arah kapal. Dengan menganalisis data ini, pola pergerakan kapal dapat diidentifikasi, dan potensi tabrakan dapat diprediksi. Misalnya, penelitian oleh Mou et al. (2010) menunjukkan bahwa analisis data AIS dapat membantu dalam mengidentifikasi jalur pelayaran yang berisiko tinggi dan mengembangkan strategi navigasi yang lebih aman.

Dengan demikian, penggunaan data AIS dalam analisis pergerakan kapal dapat meningkatkan keselamatan pelayaran dan mengurangi risiko kecelakaan di laut. Selain itu, informasi yang diperoleh dari data AIS juga dapat digunakan untuk memantau kepatuhan kapal terhadap regulasi pelayaran, seperti aturan navigasi dan larangan berlayar di area tertentu. Dengan demikian, analisis pergerakan kapal berbasis data AIS tidak hanya memberikan manfaat bagi keselamatan pelayaran, tetapi juga untuk efisiensi operasional dan kepatuhan terhadap regulasi pelayaran (SADANI, 2023).

Analisis Kondisi Laut

Kondisi laut seperti arus, gelombang, dan kedalaman air juga memainkan peran penting dalam keselamatan pelayaran. Sensor dan satelit memberikan data real-time tentang kondisi laut, yang dapat dianalisis untuk mengidentifikasi potensi bahaya seperti arus kuat atau

gelombang tinggi. Menurut penelitian oleh (Zaman et al., 2017), integrasi data kondisi laut dengan analisis Big Data dapat membantu dalam mengembangkan model prediktif yang akurat untuk menghindari area berbahaya dan mengurangi risiko kecelakaan.

Namun, meskipun pentingnya data kondisi laut dalam keselamatan pelayaran, masih banyak tantangan yang dihadapi dalam mengintegrasikan data tersebut ke dalam sistem operasional pelayaran. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan infrastruktur sensor dan satelit di beberapa wilayah laut yang terpencil. Selain itu, kurangnya standar yang konsisten dalam pengumpulan dan pengolahan data laut juga menjadi hambatan dalam pengembangan model prediktif yang akurat. Oleh karena itu, perlu adanya kerja sama antara pemerintah, industri pelayaran, dan lembaga riset untuk meningkatkan pengumpulan data laut dan mengembangkan metode analisis yang lebih efektif (Prasetyo, 2023).

Pengembangan Model Prediktif

Dengan mengintegrasikan data dari berbagai sumber seperti cuaca, pergerakan kapal, dan kondisi laut, model prediktif yang akurat dapat dikembangkan. Model ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi pola dan tren yang dapat mengindikasikan potensi risiko. Misalnya, penelitian oleh (Wang et al., 2015) menunjukkan bahwa model prediktif berbasis Big Data dapat mengidentifikasi potensi risiko kecelakaan dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan

yang lebih cepat dan tepat oleh operator kapal.

Dengan adanya model prediktif yang dapat mengintegrasikan data dari berbagai sumber ini, perusahaan pelayaran dapat memanfaatkannya untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi potensi risiko kecelakaan. Selain itu, pengembangan model prediktif juga dapat membantu dalam perencanaan rute yang lebih efisien dan aman bagi kapal-kapal yang berlayar di perairan yang kompleks (TIRTANA, 2016). Dengan demikian, penggunaan teknologi ini dapat memberikan manfaat yang besar bagi industri pelayaran dalam menghadapi tantangan yang semakin kompleks dan dinamis.

2. Kontribusi Spesifik IoT dalam Meningkatkan Pemantauan Real-Time dan Mitigasi Risiko di Sektor Pelayaran

Industri pelayaran menghadapi berbagai tantangan terkait keselamatan dan efisiensi operasional. Dengan munculnya teknologi Internet of Things (IoT), sektor ini telah mengalami transformasi signifikan dalam hal pemantauan real-time dan mitigasi risiko. Perangkat IoT seperti sensor dan sistem Automatic Identification System (AIS) memberikan data secara real-time yang membantu dalam pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. Diskusi ini akan mengkaji kontribusi spesifik IoT dalam meningkatkan pemantauan real-time dan mitigasi risiko di sektor pelayaran.

Pemantauan Real-Time dengan Sensor IoT

Salah satu kontribusi utama IoT dalam sektor pelayaran adalah kemampuan pemantauan real-time

melalui berbagai jenis sensor. Sensor IoT yang dipasang di kapal dapat memantau berbagai parameter penting seperti kondisi mesin, tingkat bahan bakar, suhu, kelembaban, dan tekanan. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini kemudian dikirim secara real-time ke sistem pusat untuk analisis lebih lanjut. Menurut Zhang et al. (2023), pemantauan kondisi mesin secara real-time memungkinkan deteksi dini kerusakan atau keausan, sehingga tindakan perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan yang lebih serius.

Dengan adanya kemampuan pemantauan real-time ini, kapal-kapal dapat diawasi dengan lebih efektif dan efisien, sehingga risiko kecelakaan atau gangguan operasional dapat diminimalkan. Selain itu, data yang dikumpulkan juga dapat digunakan untuk melakukan prediksi terhadap kondisi kapal di masa depan, sehingga strategi perawatan yang tepat dapat direncanakan. Hal ini akan membantu meningkatkan efisiensi operasional kapal dan mengurangi biaya perawatan yang tidak terduga (Agustini et al., 2023). Dengan demikian, implementasi teknologi IoT dalam sektor pelayaran dapat memberikan banyak manfaat yang signifikan bagi perusahaan pelayaran dan industri secara keseluruhan.

Sistem AIS dan Pemantauan Pergerakan Kapal

Sistem AIS merupakan salah satu teknologi IoT yang penting dalam sektor pelayaran. AIS mengirimkan informasi mengenai posisi, kecepatan, dan arah kapal secara real-time ke kapal lain dan stasiun pantai. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pemantauan pergerakan kapal secara

kontinu. Menurut penelitian oleh Liu et al. (2022), penggunaan data AIS dalam analisis big data dapat membantu mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang berisiko tinggi dan memberikan peringatan dini untuk mencegah tabrakan.

Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa integrasi AIS dengan sistem IoT lainnya, seperti sensor cuaca dan navigasi, dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal dan keselamatan pelayaran secara keseluruhan. Selain itu, data yang dikumpulkan dari sistem AIS juga dapat digunakan untuk analisis performa kapal, perencanaan rute yang lebih efisien, dan pengelolaan armada yang lebih baik. Dengan adanya teknologi AIS dan pemantauan pergerakan kapal, sektor pelayaran dapat mengoptimalkan operasional mereka dan mengurangi risiko kecelakaan di laut (D. Yang et al., 2019).

Mitigasi Risiko dengan Data Real-Time

Pemantauan real-time yang disediakan oleh perangkat IoT tidak hanya membantu dalam mendeteksi masalah, tetapi juga dalam mitigasi risiko secara proaktif. Data real-time dari sensor dan AIS memungkinkan operator kapal dan pusat pengendalian untuk membuat keputusan yang cepat dan tepat berdasarkan informasi terbaru. Misalnya, jika sensor mendeteksi adanya kondisi cuaca buruk atau arus laut yang berbahaya, kapal dapat segera mengubah rute untuk menghindari risiko tersebut. Menurut laporan dari International Maritime Organization (IMO) (2021), implementasi IoT telah meningkatkan kemampuan respons terhadap kondisi darurat dan mengurangi risiko kecelakaan di laut.

Selain itu, data yang dikumpulkan juga dapat digunakan untuk analisis jangka panjang guna meningkatkan efisiensi operasional kapal dan mengurangi biaya. Dengan adanya teknologi IoT, pengelolaan armada kapal menjadi lebih efektif dan efisien, sehingga dapat meningkatkan keselamatan pelayaran dan mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas maritim. Selain itu, integrasi IoT juga membantu dalam monitoring dan maintenance secara preventif, sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan yang tidak terduga dan memperpanjang umur operasional kapal (Aslam et al., 2020). Dengan demikian, implementasi IoT dalam industri maritim memiliki potensi besar untuk meningkatkan kinerja operasional dan keselamatan kapal secara keseluruhan.

Optimisasi Operasional

Selain meningkatkan keselamatan, IoT juga berkontribusi dalam optimisasi operasional di sektor pelayaran. Data real-time dari sensor IoT dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar, mengurangi emisi, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Misalnya, penelitian oleh Bui & Nguyen (2021) menunjukkan bahwa analisis data real-time dari sensor bahan bakar dapat mengidentifikasi pola konsumsi yang tidak efisien dan memberikan rekomendasi untuk penghematan bahan bakar.

Selain itu, IoT juga dapat membantu dalam monitoring kondisi mesin dan peralatan kapal secara real-time, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga dan memperpanjang umur pakai peralatan. Dengan adanya sistem monitoring yang terhubung dengan IoT,

kapal dapat melakukan maintenance preventif secara tepat waktu, sehingga mengurangi downtime dan biaya perbaikan yang tidak terduga. Selain itu, IoT juga dapat digunakan untuk memantau kondisi cuaca dan arus laut secara real-time, sehingga kapal dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dalam perencanaan rute pelayaran. Dengan demikian, IoT tidak hanya meningkatkan keselamatan kapal, tetapi juga membantu dalam meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

3. Tantangan Utama dalam Mengintegrasikan Big Data dan IoT untuk Keselamatan Pelayaran, dan Prospek Pengembangannya di Masa Depan

Integrasi teknologi Big Data dan Internet of Things (IoT) menawarkan potensi besar untuk meningkatkan keselamatan pelayaran. Namun, penerapan teknologi ini di sektor maritim tidak bebas dari tantangan. Diskusi ini akan mengidentifikasi tantangan utama seperti keamanan siber, biaya, dan infrastruktur, serta mengeksplorasi prospek pengembangan di masa depan untuk mengatasi hambatan ini.

Tantangan Utama dalam Integrasi Big Data dan IoT

Keamanan Siber: Keamanan siber menjadi salah satu tantangan utama dalam integrasi Big Data dan IoT di sektor pelayaran. Kapal yang dilengkapi dengan sensor IoT dan sistem komunikasi yang terhubung secara real-time rentan terhadap serangan siber. Menurut laporan dari International Maritime Organization (IMO) (2021), serangan siber pada sistem navigasi dan komunikasi dapat menyebabkan gangguan serius pada

operasi kapal dan membahayakan keselamatan pelayaran. Untuk mengatasi tantangan ini, industri maritim perlu mengembangkan dan mengimplementasikan protokol keamanan yang kuat serta melakukan pelatihan rutin bagi kru kapal tentang kesadaran dan penanganan ancaman siber.

Biaya Implementasi: Biaya tinggi terkait dengan implementasi teknologi Big Data dan IoT merupakan hambatan signifikan, terutama bagi perusahaan pelayaran kecil dan menengah. Pengadaan perangkat keras, perangkat lunak, serta infrastruktur pendukung membutuhkan investasi awal yang besar. Selain itu, biaya pemeliharaan dan peningkatan sistem juga menjadi beban tambahan. Menurut penelitian oleh Z. Yang et al. (2021), meskipun investasi dalam teknologi ini dapat menghasilkan efisiensi dan penghematan biaya jangka panjang, banyak perusahaan masih ragu untuk mengalokasikan sumber daya yang diperlukan.

Infrastruktur: Infrastruktur yang memadai adalah prasyarat untuk integrasi sukses Big Data dan IoT di sektor pelayaran. Koneksi internet yang stabil dan andal, serta jaringan komunikasi yang luas, sangat penting untuk memastikan data dapat dikirim dan diterima secara real-time. Namun, banyak wilayah laut yang masih memiliki keterbatasan dalam akses internet dan jaringan komunikasi. Menurut penelitian oleh H. Liu et al. (2023), pengembangan infrastruktur telekomunikasi maritim yang lebih baik, termasuk penggunaan satelit dan teknologi jaringan yang canggih, diperlukan untuk mendukung penerapan teknologi ini secara efektif.

Prospek Pengembangan di Masa Depan

Peningkatan Keamanan Siber: Untuk mengatasi tantangan keamanan siber, industri maritim perlu berinvestasi dalam teknologi keamanan yang lebih canggih, seperti enkripsi data, firewall, dan sistem deteksi intrusi. Selain itu, kolaborasi antara perusahaan pelayaran dan penyedia solusi keamanan siber akan menjadi penting untuk mengembangkan strategi yang lebih komprehensif. Pelatihan rutin dan kesadaran kru kapal tentang ancaman siber juga harus menjadi bagian dari budaya keselamatan maritim.

Pengurangan Biaya Melalui Inovasi dan Skalabilitas: Inovasi teknologi dan peningkatan skala ekonomi dapat membantu mengurangi biaya implementasi Big Data dan IoT di sektor pelayaran. Pengembangan solusi IoT yang lebih terjangkau dan modular akan memungkinkan perusahaan pelayaran untuk mengadopsi teknologi ini secara bertahap sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas finansial mereka. Menurut laporan dari McKinsey & Company (2022), adopsi teknologi berbasis cloud dan penggunaan analitik data sebagai layanan (DaaS) juga dapat membantu mengurangi biaya dan mempermudah implementasi teknologi ini.

Pengembangan Infrastruktur Telekomunikasi: Investasi dalam infrastruktur telekomunikasi maritim, termasuk jaringan satelit dan teknologi jaringan 5G, akan menjadi kunci untuk mendukung integrasi Big Data dan IoT. Pemerintah dan industri maritim perlu bekerja sama untuk mengembangkan infrastruktur ini, memastikan bahwa kapal di seluruh dunia memiliki akses yang andal dan cepat ke jaringan komunikasi. Menurut laporan dari Global Maritime Forum (2023),

pengembangan infrastruktur telekomunikasi maritim akan meningkatkan kemampuan pemantauan real-time dan memungkinkan penerapan teknologi canggih secara lebih luas.

KESIMPULAN

Analisis Big Data memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemampuan prediksi dan pencegahan kecelakaan pelayaran. Dengan mengintegrasikan data cuaca, pergerakan kapal, dan kondisi laut, model prediktif yang akurat dapat dikembangkan untuk memberikan peringatan dini tentang potensi risiko. Penelitian terkini menunjukkan bahwa analisis Big Data dapat mengidentifikasi pola dan tren yang tidak terlihat sebelumnya, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan meningkatkan keselamatan pelayaran secara keseluruhan.

Kontribusi spesifik IoT dalam meningkatkan pemantauan real-time dan mitigasi risiko di sektor pelayaran sangat signifikan. Melalui penggunaan sensor IoT dan sistem AIS, informasi penting mengenai kondisi kapal dan pergerakan dapat dipantau secara real-time, memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. Hal ini tidak hanya meningkatkan keselamatan, tetapi juga membantu dalam optimisasi operasional kapal. Dengan terus berkembangnya teknologi IoT, sektor pelayaran diharapkan akan semakin efisien dan aman di masa depan.

Integrasi Big Data dan IoT dalam sektor pelayaran menawarkan potensi besar untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional. Namun, tantangan seperti keamanan siber, biaya implementasi, dan

infrastruktur perlu diatasi untuk mewujudkan potensi ini. Melalui peningkatan keamanan siber, pengurangan biaya melalui inovasi, dan pengembangan infrastruktur telekomunikasi, industri maritim dapat mengatasi hambatan ini dan memanfaatkan teknologi Big Data dan IoT untuk masa depan yang lebih aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, S. A., Mulyatno, I. P., & Amiruddin, W. (2023). Perancangan Sistem Digitalisasi Monitoring Data RPM Engine dan Temperatur Minyak Lubrikan Kapal Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Metode Simulasi Prototype ESP32. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 11(4).
- Akpan, F., Bendiab, G., Shaeles, S., Karamperidis, S., & Michaloliakos, M. (2022). Cybersecurity challenges in the maritime sector. *Network*, 2(1), 123–138.
- Arifin, M. D. (2024). Review Pemanfaatan Big Data dan Internet of Things (IoT) Dalam Industri Perkapalan. *Jurnal Teknik, Teknologi Kelautan dan Energi Terbarukan*, 2(01), 1–7.
- Aslam, S., Michaelides, M. P., & Herodotou, H. (2020). Internet of ships: A survey on architectures, emerging applications, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10), 9714–9727.
- Ben Farah, M. A., Ukwandu, E., Hindy, H., Brosset, D., Bures, M., Andonovic, I., & Bellekens, X. (2022). Cyber security in the maritime industry: A systematic

- survey of recent advances and future trends. *Information*, 13(1), 22.
- Bui, V. D., & Nguyen, H. P. (2021). A Comprehensive Review on Big Data-Based Potential Applications in Marine Shipping Management. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*, 11(3), 1067–1077.
- Cil, A. Y., Abdurahman, D., & Cil, I. (2022). Internet of Things enabled real time cold chain monitoring in a container port. *Journal of Shipping and Trade*, 7(1), 9.
- Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. SAGE Publications.
- Durlak, I., Miller, T., Cembrowska-Lech, D., Krzemińska, A., Złoczowska, E., & Nowak, A. (2023). Navigating the sea of data: a comprehensive review on data analysis in maritime IoT applications. *Applied Sciences*, 13(17), 9742.
- Fan, W., & Bifet, A. (2013). Mining big data: current status, and forecast to the future. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 14(2), 1–5.
- Forti, N., d’Afflisio, E., Braca, P., Millefiori, L. M., Carniel, S., & Willett, P. (2022). Next-Gen intelligent situational awareness systems for maritime surveillance and autonomous navigation [Point of View]. *Proceedings of the IEEE*, 110(10), 1532–1537.
- Global Maritime Forum. (2023). Advancing maritime telecommunication infrastructure for a safer and more connected world.
- International Maritime Organization (IMO). (2021). The impact of IoT on maritime safety and efficiency.
- Jović, M., Tijan, E., Marx, R., & Gebhard, B. (2019). Big data management in maritime transport. *Pomorski Zbornik*, 57(1), 123–141.
- Kim, G., & Lim, S. (2022). Development of an interpretable maritime accident prediction system using machine learning techniques. *IEEE Access*, 10, 41313–41329.
- Kouvaras, A. (2022). Big Maritime Data: The promises and perils of the Automatic Identification System: Shipowners and operators’ perceptions.
- Liu, H., Zhang, Y., & Wang, Z. (2023). Enhancing maritime communication infrastructure for IoT integration. *Marine Technology Society Journal*, 57(1), 34–45.
- Liu, X., Chen, J., & Li, W. (2022). Enhancing maritime safety with real-time AIS data analytics. *Safety Science*, 145, 105517.
- Ma, Q., Tang, H., Liu, C., Zhang, M., Zhang, D., Liu, Z., & Zhang, L. (2024). A big data analytics method for the evaluation of maritime traffic safety using automatic identification system data. *Ocean & Coastal Management*, 251, 107077.
- McKinsey & Company. (2022). The future of maritime technology and

- innovation. McKinsey & Company.
- Mou, J. M., Van der Tak, C., & Ligteringen, H. (2010). Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data. *Ocean Engineering*, 37(5–6), 483–490.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2022). Advances in weather prediction and analysis.
- Prasetyo, H. E. (2023). Optimalisasi Industri Perkapalan Guna Meningkatkan Industri Jasa Maritim dalam Rangka Mendukung Strategi Pertahanan Negara di Laut. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 4(2), 57–63.
- Sadani, A. (2023). Optimalisasi Olah Gerak Kapal Sandar di Platform Guna Menunjang Keselamatan Pelayaran pada CB. Galatea.
- Saputra, H., Atmaja, A. B. K., Istardi, D., & Satoto, S. W. (2016). Penggunaan Data Automatic Identification System (AIS) untuk Mengetahui Pergerakan Kapal. *Jurnal Integrasi*, 8(2), 139–143.
- Tirtana, S. B. (2016). Pentingnya Penguasaan Metode Great Circle dalam Pembuatan Passage Plane di MV. Sari Indah. Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
- Wang, H., Osen, O. L., Li, G., Li, W., Dai, H.-N., & Zeng, W. (2015). Big data and industrial Internet of Things for the maritime industry in Northwestern Norway. TENCON 2015-2015 IEEE Region 10 Conference, 1–5.
- Yang, D., Wu, L., Wang, S., Jia, H., & Li, K. X. (2019). How big data enriches maritime research—a critical review of Automatic Identification System (AIS) data applications. *Transport Reviews*, 39(6), 755–773.
- Yang, Z., Li, K., & Chen, X. (2021). Cost-benefit analysis of implementing IoT and big data in maritime safety. *Journal of Maritime Economics & Logistics*, 23(4), 567–572.
- Zaman, I., Pazouki, K., Norman, R., Younessi, S., & Coleman, S. (2017). Challenges and opportunities of big data analytics for upcoming regulations and future transformation of the shipping industry. *Procedia Engineering*, 194, 537–544.
- Zhang, Y., Wang, Z., & Liu, H. (2023). Real-time monitoring and predictive maintenance in maritime industry using IoT. *Journal of Marine Science and Technology*, 28(3), 455–467.