

# PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM PEMBANGUNAN SISTEM KEAMANAN MARITIM INDONESIA

*(Use of Geographic Information Systems in Development of Indonesian Maritime Security System)*

**Hasna Moraina Rizkiyani, Asep Adang Supriyadi, Pangiutan, Yunias Dao, dan Destin Novitasari.**

Program Studi Keamanan Maritim, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Jalan Salemba Raya Nomor 14, Kenari Kec. Senen Jakarta Pusat 10440

Email: [moraina91@gmail.com](mailto:moraina91@gmail.com)

Diterima 8 Maret 2024; Direvisi: 15 September 2024; Disetujui untuk Dipublikasikan: 28 Oktober 2024

## ABSTRAK

Indonesia dengan wilayah maritim yang luasnya lebih dari 17.509 pulau dari Sabang hingga Merauke. Wilayah Indonesia mencakup 7,81 juta km<sup>2</sup>, dengan 2,01 juta km<sup>2</sup> di daratan, 3,1 juta km<sup>2</sup> di lautan, dan 2,7 juta km<sup>2</sup> di Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) hal ini menjadikan tantangan besar dalam menjaga keamanan maritimnya. Sistem Informasi Geografi (SIG) menawarkan solusi penting untuk meningkatkan pengawasan dan manajemen keamanan maritim di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana SIG dapat digunakan secara efektif dalam pembangunan sistem keamanan maritim yang lebih terintegrasi dan efisien. Dengan memanfaatkan teknologi pemetaan dan analisis spasial, SIG memungkinkan pengumpulan, penyimpanan, dan analisis data geografis yang penting untuk pengawasan wilayah perairan. Penggunaan SIG dalam konteks keamanan maritim mencakup pemetaan wilayah laut, pengawasan lalu lintas kapal, identifikasi dan pemantauan titik rawan, serta penanggulangan aktivitas ilegal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SIG mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengawasan maritim dengan memberikan data yang akurat dan *real-time*, yang sangat diperlukan oleh *stakeholders* dalam pengambilan keputusan strategis. Selain itu, implementasi SIG mendukung kolaborasi antara berbagai instansi pemerintah, termasuk TNI Angkatan Laut, Badan Keamanan Laut (Bakamla), dan Kementerian Kelautan dan Perikanan. Namun, terdapat tantangan teknis dan logistik yang harus diatasi, seperti keterbatasan infrastruktur teknologi di daerah terpencil dan kebutuhan akan pelatihan SDM yang lebih baik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa optimalisasi penggunaan SIG dapat memainkan peran penting dalam memperkuat keamanan maritim Indonesia, memastikan kedaulatan wilayah, dan mendukung pengelolaan sumber daya laut secara berkelanjutan. Rekomendasi mencakup pengembangan lebih lanjut dari infrastruktur SIG dan peningkatan kapasitas teknis melalui pelatihan dan kolaborasi antarinstansi.

**Kata kunci:** keamanan maritim, pembangunan, SIG

## ABSTRACT

*Indonesia has a maritime area covering more than 17,509 islands from Sabang to Merauke. Indonesia's territory covers 7.81 million km<sup>2</sup>, with 2.01 million km<sup>2</sup> on land, 3.1 million km<sup>2</sup> in the ocean, and 2.7 million km<sup>2</sup> in the Exclusive Economic Zone (EEZ). This creates a big challenge in maintaining maritime security. Geographic Information Systems (GIS) offer important solutions to improve maritime security monitoring and management in Indonesia. This research aims to explore how GIS can be used effectively in developing a more integrated and efficient maritime security system. By utilizing mapping and spatial analysis technology, GIS enables the collection, storage and analysis of geographic data that is important for monitoring water areas. The use of GIS in the context of maritime security includes mapping sea areas, monitoring ship traffic, identifying and monitoring vulnerable points, as well as tackling illegal activities such as fishing and smuggling. This research also evaluates the integration of GIS with existing maritime security management systems, as well as the challenges and opportunities that arise in its implementation. The research results show that GIS is able to increase efficiency and effectiveness in maritime surveillance by providing accurate and real-time data, which is very necessary in making strategic decisions. In addition, GIS implementation supports collaboration between various government agencies, including the Indonesian Navy, the Maritime Security Agency (Bakamla), and the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. However, there are technical and logistical challenges that must be overcome, such as limited technological infrastructure in remote areas and the need for better human resource training. This research concludes that optimizing the use of GIS can play an important role in strengthening Indonesia's maritime security, ensuring regional sovereignty, and supporting sustainable management of marine resources. Recommendations include further development of GIS infrastructure and increasing technical capacity through training and inter-agency collaboration.*

**Keywords:** maritime security, development, GIS,

## PENDAHULUAN

Indonesia dengan wilayah maritim yang luasnya lebih dari 17.509 pulau dari Sabang hingga Merauke. Wilayah Indonesia mencakup 7,81 juta km<sup>2</sup>, dengan 2,01 juta km<sup>2</sup> di daratan, 3,1 juta km<sup>2</sup> di lautan, dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) sebesar 2,7 juta km<sup>2</sup> (Badan Informasi Geospasial, 2022), besarnya wilayah perairan yang sangat luas dan strategis. Wilayah ini, yang berbatasan dengan negara-negara seperti Malaysia, Singapura, Thailand, Myanmar, India, dan Australia, merupakan jalur vital yang menghubungkan Samudra Hindia dengan Samudra Pasifik. Keberadaan sumber daya alam yang kaya dan posisi geografis yang penting ini membuat perairan Indonesia menjadi aset nasional yang vital tetapi juga rentan terhadap ancaman keamanan maritim seperti penyelundupan manusia, perompakan, terorisme dan eksploitasi ilegal sumber daya alam. Hal ini kemudian menjadi krusial dengan keterbatasan sarana dan prasarana pengawasan institusi pemerintah dalam melaksanakan perannya.

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan penerapan teknologi mutakhir dalam upaya mengamankan perairan ini dari berbagai ancaman maritim, SIG menawarkan kemampuan unik untuk memperbaiki sistem pengawasan dan respons terhadap ancaman. SIG memungkinkan integrasi data geografis dan geospasial yang efisien, memberikan kekuatan untuk analisis, visualisasi, dan pemodelan prediktif yang dapat mendukung keputusan strategis dan taktis dalam keamanan maritim. Misalnya aplikasi *SeaVision* adalah platform SIG untuk situasional maritim yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk memantau lalu lintas maritim secara real-time. Pengembangan sistem *SeaVision* didasarkan pada pendekatan yang diterima secara umum untuk perekaman dan analisis citra gangguan laut (Tilinina et al., 2022). *SeaVision* memungkinkan pengguna untuk melihat dan berbagi berbagai jenis informasi maritim, seperti pergerakan kapal, untuk meningkatkan operasi maritim dan keamanan maritim (<https://info.seavision.volpe.dot.gov/id/> terakhir di akses: 1 September 2024). Sedangkan di Inggris terdapat aplikasi *OceanWise* adalah penyedia solusi data maritim dan GIS berbasis di Inggris yang menawarkan berbagai aplikasi untuk pengelolaan lingkungan laut dan pesisir (<https://www.oceanwise-project.eu/> terakhir di akses: 1 September 2024). *OceanWise* menawarkan solusi untuk pemetaan maritim, pengawasan lalu lintas kapal, dan pengelolaan risiko lingkungan laut dan pesisir.

Konsep penginderaan jauh didasarkan pada pemanfaatan alat dan teknologi tertentu yang menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam tentang lingkungan (Lillesand & Kiefer, 1994). Contohnya dalam penelitian Lee et al. (2015), memanfaatkan model produktivitas primer fitoplankton di Samudra Arktik dari warna satelit

laut, hal ini karena fitoplankton sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Dengan menggunakan data satelit untuk memantau produktivitas primer, penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang bagaimana perubahan iklim mempengaruhi ekosistem laut di Arktik. Ini penting untuk kebijakan dan strategi keamanan maritim yang perlu beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan.

Meskipun potensi teknologi SIG telah diakui secara global, pemanfaatannya dalam konteks keamanan maritim Indonesia belum optimal. Kurangnya integrasi dan sinergi antara berbagai sumber data geospasial, serta tantangan dalam analisis dan interpretasi data, masih menjadi hambatan dalam realisasi penuh potensi teknologi ini. Penelitian ini mengidentifikasi kebutuhan mendesak untuk mengeksplorasi bagaimana SIG dapat lebih efektif digunakan dalam upaya meningkatkan keamanan maritim Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam peran, integrasi, manfaat dan tantangan pemanfaatan SIG dalam mengembangkan sistem keamanan maritim yang *robust* di Indonesia. Tujuan spesifiknya adalah mengintegrasikan dan memaksimalkan penggunaan data geospasial untuk memperkuat kapasitas pengawasan dan *respons* terhadap ancaman maritim, sebagai solusi inovatif yang dapat mengatasi keterbatasan yang ada saat ini. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pendekatan yang lebih terintegrasi dan disesuaikan dengan kondisi lokal, yang akan membantu dalam mengisi celah yang ada dalam literatur dan praktik saat ini. Ini penting tidak hanya untuk pengembangan kebijakan keamanan maritim yang lebih efektif tetapi juga untuk kontribusi yang lebih luas terhadap keamanan regional dan global.

Aspek baru dari penelitian ini adalah kajian pemanfaatan SIG dalam mengatasi tantangan keamanan maritim Indonesia. Hal ini tidak hanya penting untuk memperkuat keamanan nasional tetapi juga berkontribusi pada literatur global dengan menawarkan perspektif baru dan solusi praktis terhadap masalah keamanan maritim di negara kepulauan besar. Penelitian ini diharapkan menjadi landasan untuk pengembangan kebijakan yang lebih informasi dan responsif dalam menghadapi ancaman maritim di masa depan.

## METODE

Metode penelitian adalah serangkaian langkah dalam melaksanakan kegiatan pelatihan yang mencakup aturan, prinsip, dan prosedur tertentu yang sudah baku, sehingga menjadi dasar yang dapat dipertanggungjawabkan dalam pelaksanaan penelitian. Desain penelitian merupakan strategi untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditentukan dan berfungsi sebagai panduan atau arahan bagi peneliti selama seluruh proses penelitian. Menurut Creswell. (2017) desain penelitian adalah semua rencana yang

mengombinasikan kerangka filosofis dengan metode penelitian.

Metode Penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kualitatif deskriptif analitis, digunakan untuk menguraikan masalah melalui data yang kemudian dianalisis untuk memastikan kebenarannya. Metode ini menggambarkan situasi dan kondisi dengan menggunakan pendapat dan observasi, bertujuan untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat. Pendekatan ini sesuai dengan pandangan dari (Creswell., 2017)

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Penelitian kualitatif bersifat deskriptif dan lebih menekankan pada analisis. Dalam penelitian kualitatif, proses dan makna (perspektif subjek) sangat diutamakan. Kerangka teori digunakan sebagai panduan agar penelitian tetap sesuai dengan kenyataan di lapangan. Data kualitatif berupa narasi, berbeda dengan data kuantitatif yang berupa angka. Secara umum, data kualitatif yang dikumpulkan berkaitan dengan fenomena atau gejala sosial yang mempengaruhi suatu kelompok atau komunitas. Reaksi yang umum saat memikirkan pengumpulan data kualitatif adalah dengan fokus pada jenis data yang dikumpulkan dan prosedur pengumpulannya (Sugiyono, 2010).

Penelitian kualitatif merupakan salah satu prosedur penelitian dengan data yang dihasilkan berupa deskriptif dari informan dan perilaku yang diamati (Moleong, 1989). Pendekatan yuridis empiris dapat membantu peneliti dalam melihat implementasi hukum normatif dalam sebuah peristiwa (Abdulkadir, 2004). Kedua metode tersebut apabila dikombinasikan dapat menemukan fakta-fakta dan data yang dibutuhkan setelah itu dilakukan identifikasi masalah yang dapat menemukan penyelesaian masalah tersebut (Waluyo, 2002).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Peran SIG dalam Pemetaan dan Pengawasan Wilayah Maritim

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang memiliki lebih dari 17.000 pulau, memiliki potensi kekayaan laut yang sangat besar, mencakup sumber daya hayati dan non-hayati yang melimpah. Namun, potensi besar ini masih belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal. Faktor-faktor yang mempengaruhi rendahnya pemanfaatan ini antara lain infrastruktur yang belum memadai, terutama di daerah terpencil dan perbatasan, yang menyebabkan sulitnya akses dan pengangkutan hasil laut ke pasar yang lebih luas. Selain itu, kurangnya pemanfaatan teknologi modern dalam eksplorasi dan pengolahan hasil laut juga menjadi hambatan signifikan.

Teknologi yang ada saat ini masih belum mampu secara maksimal menangkap, mengolah, dan mengelola sumber daya laut dengan efisien dan berkelanjutan, sehingga menghambat peningkatan nilai tambah yang bisa diperoleh dari

kekayaan laut Indonesia (Ali et al., 2020). Indonesia sebagai negara kepulauan yang memadukan keindahan alamnya dengan potensi sumber daya pesisir dan lautan yang luar biasa, Indonesia memiliki tanggung jawab untuk mengelola warisan alam ini dengan bijak.

Sumber daya alam yang melimpah harus dikelola secara optimal untuk mendukung kesejahteraan bangsa Indonesia sambil tetap memperhatikan dan berusaha keras untuk menjaga kelestariannya. Untuk mengelola sumber daya alam pesisir dan lautan secara efektif, diperlukan pendekatan multidisiplin ilmu yang mencakup berbagai elemen, seperti pemanfaatan sumber daya, kelestarian lingkungan, dan komponen sosial ekonomi masyarakat setempat.

Penginderaan jauh menawarkan peluang baru dalam manajemen sumber daya alam dan lingkungan di wilayah pesisir dan laut, karena memungkinkan untuk mengidentifikasi dan memantau perubahan (Goodchild, 2006). Teknologi ini juga memainkan peran penting dalam pemantauan dinamika sumber daya alam dan lingkungan di sepanjang garis pantai. Dengan memanfaatkan teknologi ini, Indonesia dapat lebih efektif mengelola dan melindungi kekayaan alamnya, sekaligus mempromosikan pertumbuhan ekonomi di sekitar Pantai (Syah, 2010). Sistem informasi geografis pada awalnya dikembangkan sebagai alat untuk penyimpanan, pengambilan dan tampilan geografis informasi. Kemampuan analisis geografis data spasial buruk atau kurang pada sistem awal ini (Fotheringham & Rogerson, 1994).

Menurut Lillesand & Kiefer (1994), mendefinisikan penginderaan jauh sebagai seni dan ilmu yang mencari informasi tentang hal-hal, tempat, atau fenomena tertentu. Metodenya menggunakan alat untuk menganalisis data yang diperoleh. Ini memungkinkan pengamatan tanpa terlibat langsung dengan objek, area, atau fenomena yang diteliti. Konsep penginderaan jauh didasarkan pada pemanfaatan alat dan teknologi tertentu yang menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam tentang lingkungan kita. Oleh karena itu, penginderaan jauh tidak hanya menjadi sarana untuk mengumpulkan informasi, tetapi juga membuka pintu untuk berbagai aplikasi, seperti pemantauan lingkungan, manajemen sumber daya alam, dan bahkan pengurangan risiko bencana alam.

Pemanfaatan teknologi informasi geospasial untuk menganalisis dan mengelola lintasan kapal yang terekam melalui Sistem Identifikasi Otomatis atau *Automatic Identification System* (AIS). Dalam penggunaan *model clustering* berbasis densitas yang telah direvisi guna mengelompokkan dan menganalisis data AIS, yang mencakup informasi posisi, kecepatan, dan arah kapal (**Gambar 1**). Dengan teknik ini, penelitian dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pola rute pelayaran yang umum digunakan, yang sangat penting untuk pengelolaan lalu lintas maritim dan peningkatan keselamatan pelayaran. Penggunaan

teknologi informasi geospasial dalam konteks ini terutama bermanfaat karena kemampuannya untuk secara otomatis mengidentifikasi pola pergerakan kapal dan mengoptimalkan rute pelayaran, yang pada gilirannya berkontribusi pada keberlanjutan dan keamanan navigasi maritim (Sheng & Yin, 2018). Selain itu, teknologi informasi geospasial juga memberikan kemampuan untuk memantau secara *real-time* aktivitas kapal dan mengidentifikasi potensi konflik lalu lintas, sehingga dapat diambil tindakan pencegahan yang tepat untuk menghindari insiden di laut.

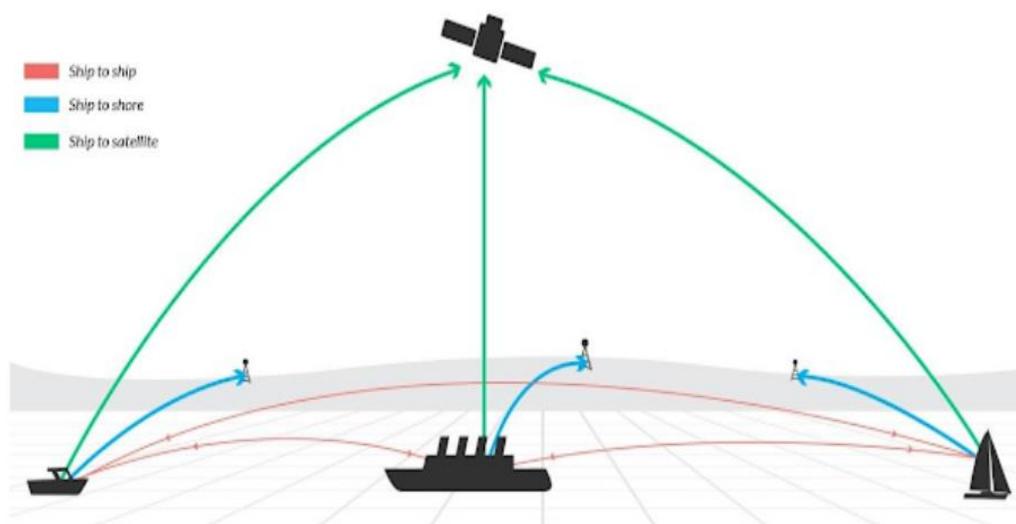
Menuru Schwartz-Belkin & Portman (2023), bahwa konsep geospasial maritim mengacu pada alat dan metode yang digunakan untuk memanfaatkan data geografis dan teknologi geospasial dalam upaya memahami, melindungi, dan mengelola lingkungan laut dan pesisir. Dalam hal ini, melibatkan pemanfaatan sistem informasi geografis (SIG), citra satelit, sistem pemosisian global (GPS), dan teknologi lainnya untuk melakukan pemetaan dan pemantauan terhadap ekosistem laut, pola migrasi spesies, aktivitas manusia di laut, serta mengidentifikasi ancaman lingkungan seperti polusi dan dampak perubahan iklim. Karenanya Penggunaan teknologi penginderaan jauh telah mendapatkan keuntungan dari adopsi yang luas baik di kalangan masyarakat umum maupun profesional (Colomina & Molina, 2014).

Ray et al. (2019), menyoroti integrasi data AIS dan data kontekstual dalam geospasial maritim, yang meningkatkan pemahaman dan pengawasan aktivitas laut serta dampaknya. Dengan data ini, pemahaman tentang navigasi kapal dan interaksi dengan lingkungan meningkat, menunjukkan potensi besar dalam manajemen ruang maritim global. Penerapan ini sangat penting dalam mengatasi tantangan yang berkaitan dengan volume data yang besar dan kecepatan pengiriman data, memberikan keunggulan signifikan dalam mendukung operasi keamanan maritim dan

memperkuat pertahanan nasional (Syms et al., 2021)

Menurut ESRI (2023), Sistem Informasi Geospasial (SIG) memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi pola spasial dan keterkaitan antara berbagai fenomena di permukaan bumi. Perkembangan sistem penginderaan jauh memungkinkan pengumpulan data yang luas dari berbagai target di permukaan bumi (Osco et al., 2021), termasuk informasi tentang topografi, vegetasi, dan aktivitas manusia. Sampai saat ini, berbagai wilayah telah menggunakan data dari penginderaan jauh, SIG, dan model hidrologi yang terkait (Ding et al., 2021). Contoh kasus dalam pemanfaatan geospasial maritim adalahnya konsep pengaturan tata ruang, seperti Rencana Tata Ruang Laut atau *Marine Spatial Planning* (MSP), sedang mengalami perkembangan dan implementasi global yang luas (Stamoulis & Delevaux, 2015).

MSP dirancang untuk mengatur lokasi kegiatan manusia di perairan, dengan tujuan untuk mempertahankan keberlangsungan dan fungsi ekosistem laut (Foley et al., 2010). Selain itu didalam bidang keamanan maritim dapat membantu mengidentifikasi area rawan konflik atau kegiatan ilegal, seperti perompakan atau penyelundupan senjata, dan merancang strategi penempatan sumber daya keamanan untuk menanggapi ancaman tersebut dengan lebih efektif. Pemerintah dan masyarakat pesisir perlu mendukung Perencanaan Tata Ruang Laut berbasis ekosistem yang bertujuan untuk mencapai Status Lingkungan Hidup yang Baik dan informasi ini dapat berfungsi sebagai sarana untuk berinteraksi dengan pembuat kebijakan dan manajer wilayah serta mendukung penggabungan informasi yang relevan tentang manfaat ekosistem ke dalam proses pengambilan keputusan dan dialog dengan pihak-pihak terkait (Farella et al., 2020)



Sumber : [Kapaldanlogistik.com](http://Kapaldanlogistik.com) (2023)

**Gambar 1.** Sistem kerja AIS (*automatic identification system*).

## Integrasi Sistem Informasi Geografi dalam Strategi Keamanan Maritim Nasional

SIG memainkan peran kunci dalam mendukung keamanan maritim dengan mengintegrasikan dan menganalisis data geospasial untuk meningkatkan pengawasan, pengelolaan sumber daya, dan koordinasi taktis di lingkungan maritim. Dalam pengawasan dan monitoring, SIG memungkinkan pembuatan dan pemeliharaan peta dinamis yang detail dari wilayah maritim, yang menggabungkan data dari satelit, radar, dan sensor lainnya. Dengan kemampuan ini, SIG dapat mendeteksi perubahan atau aktivitas mencurigakan di perairan, seperti pelayaran ilegal, pergerakan kapal tanpa izin, dan aktivitas perompakan. Penelitian oleh Temiz (2023), menunjukkan bahwa penggunaan SIG untuk monitoring aktivitas maritim secara real-time meningkatkan kapasitas respons keamanan dengan mengidentifikasi ancaman sebelum mereka menimbulkan kerusakan.

Dalam kejadian darurat seperti tumpahan minyak atau kecelakaan maritim, SIG dapat digunakan untuk simulasi penyebaran polutan atau arah gerak kapal yang terlibat, membantu dalam pengambilan keputusan cepat dan efektif. SIG menyediakan platform untuk analisis situasi yang membantu pemangku kepentingan mengkoordinasikan operasi penyelamatan dan pemulihan. Aplikasi ini dibahas dalam studi oleh Scarlet et al. (2023) dan Pavlov et al. (2022), yang mendemonstrasikan bagaimana SIG dapat membantu dalam distribusi sumber daya dan manajemen logistik selama krisis maritim.

SIG mendukung integrasi berbagai sumber data yang mencakup informasi geografis, cuaca, laut, dan trafik kapal, memungkinkan berbagai agen keamanan maritim untuk berbagi informasi secara efektif. Integrasi ini memungkinkan pembuatan sistem peringatan dini dan meningkatkan kapasitas operasi bersama antar lembaga seperti angkatan laut, penjaga pantai, dan lembaga pemerintah lainnya. Pavlov et al. (2022) menekankan pentingnya kolaborasi berbasis SIG dalam meningkatkan transparansi dan efisiensi dalam operasi keamanan maritim.

Selanjutnya, SIG menyediakan alat yang kuat untuk pemetaan risiko dengan analisis geospasial yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti kerawanan terhadap serangan, rute pelayaran yang berisiko, dan area prioritas untuk patroli. Kemampuan ini penting dalam merencanakan alokasi sumber daya dan strategi pencegahan. Penelitian oleh Fonseca & Acordes (2022), menunjukkan bagaimana pemetaan risiko menggunakan SIG dapat mengoptimalkan penempatan aset keamanan dan sumber daya untuk penanganan insiden maritim.

SIG, dengan kemampuannya untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data geospasial, menawarkan alat vital untuk meningkatkan pengawasan dan

manajemen keamanan maritim. Analisis Integrasi SIG dalam Keamanan Maritim dapat dijabarkan sebagai berikut: Pertama, integrasi SIG dalam strategi keamanan maritim nasional memungkinkan pemetaan yang akurat dari wilayah perairan yang luas, termasuk zonasi maritim yang kritis. Misalnya, dengan memanfaatkan data SIG, agen keamanan dapat dengan cepat mengidentifikasi dan merespon ancaman seperti penyelundupan, perompakan, atau aktivitas ilegal lainnya di perairan teritorial. Penelitian oleh (Sari & Jufri, 2022) dan Temiz (2023) menunjukkan bahwa pemanfaatan SIG dalam pemantauan perairan mempercepat proses identifikasi kapal mencurigakan dan koordinasi dengan unit patroli.

Kedua, SIG mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen krisis maritim dengan menyediakan simulasi dan model prediktif. Sebagai contoh, model prediktif yang diintegrasikan dalam SIG dapat mengantisipasi pola pergerakan kapal berdasarkan data historis dan kondisi cuaca saat ini, yang sangat membantu dalam perencanaan pencegahan insiden. Penelitian oleh Gyftakis et al. (2018) menunjukkan bahwa integrasi model prediktif dalam SIG meningkatkan efektivitas operasi pencarian dan penyelamatan.

Ketiga, kebijakan keamanan maritim yang berbasis SIG memfasilitasi kolaborasi antar-lembaga. Platform berbasis SIG yang terintegrasi memungkinkan berbagai lembaga pemerintah, seperti TNI AL, Badan Keamanan Laut (Bakamla), dan Kementerian Kelautan dan Perikanan, untuk berbagi informasi secara *real-time* dan koordinasi yang lebih efisien. Hal ini sangat penting untuk operasi yang membutuhkan respons cepat dan terkoordinasi. Studi oleh Gyftakis et al. (2018) dan Barrionuevo et al. (2023) menyatakan bahwa platform kolaboratif berbasis SIG mendukung pertukaran data yang efisien dan mengurangi waktu respon dalam situasi darurat maritim.

Penerapan SIG dalam strategi keamanan maritim Indonesia membutuhkan investasi signifikan dalam teknologi dan pelatihan personel. Infrastruktur data yang *robust* dan kebijakan yang mendukung kerahasiaan dan keamanan data adalah kritikal. Pendidikan dan pelatihan terkait SIG untuk personel keamanan maritim juga perlu ditingkatkan untuk memaksimalkan pemanfaatan teknologi ini.

Integrasi SIG dalam strategi keamanan maritim nasional menawarkan peluang signifikan untuk meningkatkan efektivitas pengawasan dan manajemen keamanan di wilayah maritim Indonesia. Dengan investasi yang tepat dalam teknologi, kebijakan, dan pelatihan, SIG dapat memainkan peran krusial dalam mengamankan perairan Indonesia dari ancaman maritim yang berkembang dan investasi strategis dalam implementasi SIG dapat memberikan keuntungan jangka panjang dalam melindungi kepentingan maritim nasional dan memperkuat posisi Indonesia sebagai negara maritim

## Manfaat dan Tantangan Implementasi Sistem Informasi Geografis untuk Keamanan Maritim

Menurut Walter (2024), teknologi SIG merupakan *platform* keamanan mendasar memungkinkan pemantauan *real-time* terhadap pergerakan kapal, kondisi cuaca, dan perubahan lingkungan laut, yang sangat penting untuk deteksi dini ancaman seperti penyelundupan, penangkapan ikan ilegal, dan pelanggaran batas maritim. Transformasi digital industri maritim, termasuk manajemen pelayaran dan pelabuhan, memanfaatkan SIG untuk optimalisasi rute, ketepatan lokasi, dan untuk meningkatkan otonomi dan keselamatan kapal melalui sensor cerdas dan teknologi IoT (Scarlat et al., 2023).

Pembajakan maritim, yang merupakan ancaman signifikan terhadap perdagangan internasional, dianalisis melalui SIG dengan memeriksa pola spatio-temporal dan penyebab serangan pembajakan, sehingga membantu pengembangan strategi pertahanan yang disesuaikan (Tsioufis et al., 2024). Dalam keamanan pelabuhan, sistem berbasis SIG memantau parameter lingkungan dan mendeteksi penyusup di bawah air, sehingga meningkatkan keselamatan dan keamanan di dalam wilayah pelabuhan (Soldani, 2023).

Proyek MAR-S mendemonstrasikan penggunaan SIG dalam membuat katalog risiko ruang maritim dan mendukung strategi pengawasan melalui database SIG khusus. SIG juga mendukung pengelolaan wilayah pesisir dengan mengintegrasikan beragam kumpulan data, yang penting untuk menyelesaikan konflik penggunaan dan perencanaan produksi energi terbarukan kelautan. Integrasi IoT dengan GIS di area pelabuhan memungkinkan pemantauan yang efektif dan peringatan peristiwa cerdas, sehingga meningkatkan keamanan pelabuhan (Pan et al., 2018). Menurut Huang et al. (2013), sistem informasi geografis, adalah alat yang efektif dan efisien untuk analisis spasial dengan visualisasi tinggi, digunakan untuk melakukan analisis yang mengintegrasikan data dari berbagai sumber seperti radar, satelit, dan sensor bawah air, yang membantu dalam analisis dan pengambilan keputusan yang lebih akurat dan informatif.

SIG merupakan bagian penting dalam pengembangan dan pengoperasian sistem pemantauan dan peringatan dini *secara real-time* karena sistem ini dapat digunakan untuk menilai risiko dan merencanakan respons terhadap bencana alam seperti tsunami dan badai, serta kejadian manusia seperti tumpahan minyak (Vassar Labs, 2024). Selain itu, SIG memfasilitasi penegakan hukum di laut dengan menyediakan data lokasi yang akurat untuk operasi penegakan hukum, serta membantu dalam investigasi dan penuntutan kejahatan maritim. Penggabungan GIS dan teknologi baru lainnya dalam investigasi, deteksi dan pelacakan kejahatan membuat lembaga penegak hukum lebih tangkas

dan efisien dalam menggagalkan konspirasi kriminal sejak awal (Chaturvedi, 2019)

Claramunt et al. (2017) mengidentifikasi tantangan utama dalam implementasi SIG untuk keamanan maritim, yaitu kompleksitas data dan integrasi, di mana mengintegrasikan data dari berbagai sumber yang berbeda format, resolusi, dan akurasi membutuhkan infrastruktur IT yang canggih dan interoperabilitas antara sistem yang berbeda untuk mendukung keamanan dan keselamatan maritim. Geoinfotech (2023) data geospasial sangat penting dalam berbagai aplikasi manajemen data contohnya adalah melindungi data maritim yang sensitif dari akses tidak sah dan ancaman siber merupakan tantangan besar, mengingat sifat strategis dan komersial dari data tersebut.

Global Maritime Forum (2022) menunjukkan bahwa implementasi dan pemeliharaan sistem SIG yang komprehensif memerlukan investasi yang signifikan dalam hal perangkat keras, perangkat lunak, dan pelatihan personel, yang dapat menjadi hambatan ekonomi yang lebih kompleks meskipun potensi dan manfaatnya dalam meningkatkan efisiensi. Leonis et al. (2024) juga menekankan bahwa keakuratan data merupakan kunci untuk pengambilan keputusan yang efektif, namun tantangan timbul dari data yang tidak lengkap atau tidak akurat, serta keterbatasan dalam pengumpulan data di area terpencil atau dalam kondisi cuaca ekstrem. Secara keseluruhan, SIG memberikan banyak manfaat dalam meningkatkan keamanan maritim melalui pemantauan yang lebih baik dan mendukung keputusan yang lebih efektif dalam menghadapi berbagai ancaman dan risiko di laut. Namun, mengatasi tantangan-tantangan yang ada sangat penting untuk memaksimalkan efektivitas implementasi SIG.

## KESIMPULAN

Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki peran krusial dalam pengelolaan dan pengawasan wilayah maritim di Indonesia, negara dengan lebih dari 17.000 pulau dan potensi kekayaan laut yang besar. Kendala infrastruktur di daerah terpencil dan kurangnya teknologi modern menghambat pemanfaatan optimal sumber daya ini. SIG menawarkan solusi dengan kemampuan mengintegrasikan data geospasial untuk pemantauan real-time dan analisis perubahan lingkungan maritim. Dengan SIG, deteksi dini terhadap ancaman seperti pelanggaran batas dan aktivitas ilegal menjadi lebih efektif.

Teknologi ini juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat melalui pemodelan dan simulasi, membantu dalam respons terhadap situasi darurat seperti tumpahan minyak. Selain itu, SIG memfasilitasi kolaborasi antar lembaga dan meningkatkan efisiensi operasi maritim. Namun, tantangan dalam implementasi SIG termasuk kebutuhan investasi besar, kompleksitas integrasi data, dan pentingnya keamanan data. Mengatasi

tantangan ini membutuhkan komitmen pemerintah dan pemangku kepentingan untuk menyediakan infrastruktur memadai, kebijakan yang mendukung, dan pelatihan sumber daya manusia yang berkelanjutan. Secara keseluruhan, SIG adalah alat penting untuk meningkatkan pengawasan, pengelolaan, dan keamanan maritim Indonesia, mendukung keamanan nasional dan keberlanjutan sumber daya laut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih kepada Marsekal Muda TNI (Purn.) Prof. Dr. Ir. Asep Adang Supriyadi, S.T., M.M., IPU., ASEAN.Eng. selaku dosen Universitas Pertahanan Republik Indonesia atas bimbingan, masukan, dan dukungan yang tak ternilai selama proses penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkadir, M. (2004). *Hukum dan Penelitian Hukum*. Citra Aditya Bakti.
- Chaturvedi, A. (2019). *Role of GIS and emerging technologies in crime detection and prevention*. Geospatial World. <https://www.geospatialworld.net/article/role-of-gis-other-emerging-technologies-in-crime-investigation/>.
- Ali, K. A., Ahmad, M. I., & Yusup, Y. (2020). Issues, impacts, and mitigations of carbon dioxide emissions in the building sector. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/SU12187427>
- Badan Informasi Geospasial. (2022). BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkokesra. In <https://www.big.go.id/content/berita/big-serahkan-peta-nkri-kepada-kemenkokesra#:~:text=Indonesia%20adalah%20negara%20kepulauan%20terbesar,luas%20perairan%203.257.483%20km2.>
- Barrionuevo, O., Guarda, T., & Victor, J. A. (2023). *Maritime Strategy and Cooperative Security* (pp. 337–345). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-7689-6\\_29](https://doi.org/10.1007/978-981-19-7689-6_29)
- Claramunt, C., Ray, C., Salmon, L., Camossi, E., Hadzagic, M., Joussetme, A. L., Andrienko, G., Andrienko, N., Theodoridis, Y., & Vouros, G. A. (2017). Maritime data integration and analysis: Recent progress and research challenges. *Advances in Database Technology - EDBT, 2017-March*. <https://doi.org/10.5441/002/edbt.2017.18>
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 92). <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- Creswell, J. W. (2017). Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches - 3rd edition. In *Экономика Региона*.
- Ding, L., Ma, L., Li, L., Liu, C., Li, N., Yang, Z., Yao, Y., & Lu, H. (2021). A survey of remote sensing and geographic information system applications for flash floods. *Remote Sensing*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/rs13091818>
- ESRI. (2023). *What is GIS?* <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.
- Farella, G., Menegon, S., Fadini, A., Depellegrin, D., Manea, E., Perini, L., & Barbanti, A. (2020). Incorporating ecosystem services conservation into a scenario-based MSP framework: An Adriatic case study. *Ocean and Coastal Management*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105230>
- Foley, M. M., Halpern, B. S., Micheli, F., Armsby, M. H., Caldwell, M. R., Crain, C. M., Prahler, E., Rohr, N., Sivas, D., Beck, M. W., Carr, M. H., Crowder, L. B., Emmett Duffy, J., Hacker, S. D., McLeod, K. L., Palumbi, S. R., Peterson, C. H., Regan, H. M., Ruckelshaus, M. H., ... Steneck, R. S. (2010). Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*, 34(5). <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.001>
- Fonseca, M. N. da, & Acordes, F. A. (2022). Using Web-GIS Vicon as a Risk and Disaster Communication Tool. *Terr Plural*, 16, 1–13. <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.16.2219892.020>
- Fotheringham, S., & Rogerson, P. (1994). Spatial analysis and GIS. *Spatial Analysis and GIS*.
- Geoinfotech. (2023). *Geospatial Data Security and Privacy*. Geoinfotech. <https://geoinfotech.ng/geospatial-data-security-and-privacy/>.
- Global Maritime Forum. (2022). *Global Maritime Issues Monitor 2022*. <https://www.maritimeissues.org/>.
- Goodchild, M. F. (2006). Geographical information science: Fifteen years later. In *Classics from IJGIS: Twenty years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems*.
- Gyftakis, S., Koromila, I., Giannakopoulos, T., Nivolianitou, Z., Charou, E., & Perantonis, S. (2018). Decision support tool employing Bayesian risk framework for environmentally safe shipping. In *Intelligent Systems Reference Library* (Vol. 131). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61801-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61801-2_5)
- Huang, D.-Z., Hu, H., & Li, Y.-Z. (2013). Spatial Analysis of Maritime Accidents Using the Geographic Information System. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2326(1), 39–44. <https://doi.org/10.3141/2326-06>
- Kapaldanlogistik.com. (2023). *Fungsi dan Cara Kerja AIS Kapal*. <https://www.kapaldanlogistik.com/2023/06/Fungsi-Dan-Cara-Kerja-Ais-Kapal.html>.
- Lee, Y. J., Matrai, P. A., Friedrichs, M. A. M., Saba, V. S., Antoine, D., Ardyna, M., Asanuma, I., Babin, M., Bélanger, S., Benoît-Gagné, M., Devred, E., Fernández-Méndez, M., Gentili, B., Hirawake, T., Kang, S. H., Kameda, T., Kattlein, C., Lee, S. H., Lee, Z., ... Westberry, T. K. (2015). An assessment of phytoplankton primary productivity in the Arctic Ocean from satellite ocean color/in situ chlorophyll-a based models. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(9). <https://doi.org/10.1002/2015JC011018>
- Leeonis, A. N., Ahmed, M. F., Mokhtar, M. Bin, Lim, C. K., & Halder, B. (2024). Challenges of Using a Geographic Information System (GIS) in Managing Flash Floods in Shah Alam, Malaysia. *Sustainability*, 16(17), 7528. <https://doi.org/10.3390/su16177528>
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1994). Pengindraan Jauh dan Penafsiran Citra. *Remote Sensing and Image Interpretation*.

- Moleong, L. J. (1989). *Metodologi penelitian kualitatif*. Remadja Karya.
- Osco, L. P., Marcato Junior, J., Marques Ramos, A. P., de Castro Jorge, L. A., Fatholahi, S. N., de Andrade Silva, J., Matsubara, E. T., Pistori, H., Gonçalves, W. N., & Li, J. (2021). A review on deep learning in UAV remote sensing. In *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (Vol. 102). <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102456>
- Pan, C., Zhao, S., & Cheng, B. (2018). Design and Implementation of Port Security System Based on WebGIS. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, *aiie*. <https://doi.org/10.12783/dtcse/aiie2017/18228>
- Pavlov, S. V., Sokolova, A. V., & Khristodulo, O. I. (2022). Integration of geographic information technologies and digital image processing for responding to emergency situations at oil pipeline transportation facilities. *Computer Optics*, *46*(3), 483–491. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-925>
- Ray, C., Dréo, R., Camossi, E., Joussetme, A. L., & Iphar, C. (2019). Heterogeneous integrated dataset for Maritime Intelligence, surveillance, and reconnaissance. *Data in Brief*, *25*. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104141>
- Sari, D. I., & Jufri, M. (2022). Integrated Network System Security to Determine GIS (Geographic Information System) Based Cyber Crime Patterns. *Jurteksi (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, *9*(1). <https://doi.org/10.33330/jurteksi.v9i1.1890>
- Scarlat, C., Ioanid, A., & Andrei, N. (2023). Use of The Geospatial Technologies and Its Implications in The Maritime Transport and Logistics. *International Maritime Transport and Logistics Conference*, *12*. <https://doi.org/10.21622/MARLOG.2023.12.663>
- Schwartz-Belkin, I., & Portman, M. E. (2023). A review of geospatial technologies for improving Marine Spatial Planning: Challenges and opportunities. In *Ocean and Coastal Management* (Vol. 231). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106280>
- Sheng, P., & Yin, J. (2018). Extracting shipping route patterns by trajectory clustering model based on Automatic Identification System data. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(7). <https://doi.org/10.3390/su10072327>
- Soldani, M. (2023). The contribution of Geomatics to increase safety and security in ports. *Applied Geomatics*, *15*(3). <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00374-3>
- Stamoulis, K. A., & Delevaux, J. M. S. (2015). Data requirements and tools to operationalize marine spatial planning in the United States. In *Ocean and Coastal Management* (Vol. 116). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.011>
- Sugiyono, D. (2010). Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. In *Penerbit Alfabeta*.
- Syah, A. F. (2010). Penginderaan Jauh Dan Aplikasinya Di Wilayah Pesisir Dan Lautan. *Kelautan*, *3*(1).
- Syms, M. S., Isenor, A. W., Chivari, B., Debaie, A., Hogue, A., & Glessing, B. (2021). Building a Maritime Picture in the Era of Big Data: The Development of the Geospatial Communication Interface+. *2021 International Conference on Military Communication and Information Systems, ICMCIS 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICMCIS52405.2021.9486392>
- Temiz, N. (2023). Geographical Information Systems for Marine Applications. *Mersin University Journal of Maritime Faculty*, *5*(1). <https://doi.org/10.47512/meujmaf.1294234>
- Tilinina, N., Ivonin, D., Gavrikov, A., Sharmar, V., Gulev, S., Suslov, A., Fadeev, V., Trofimov, B., Bargman, S., Salavatova, L., Koshkina, V., Shishkova, P., Ezhova, E., Krinitsky, M., Razorenova, O., Koltermann, K. P., Tereschenkov, V., & Sokov, A. (2022). Wind waves in the North Atlantic from ship navigational radar: SeaVision development and its validation with the Spotter wave buoy and WaveWatch III. *Earth System Science Data*, *14*(8). <https://doi.org/10.5194/essd-14-3615-2022>
- Tsioufis, M., Fytopoulos, A., Kalaitzi, D., & Alexopoulos, T. A. (2024). Correction to: Discovering maritime-piracy hotspots: a study based on AHP and spatio-temporal analysis. *Annals of Operations Research*, *332*(1–3). <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05375-6>
- Vassar Labs. (2024). *The Role of GIS in Disaster Risk Mitigation and Management*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/role-gis-disaster-risk-mitigation-management-vassar-labs-07uhc>
- Walter, C. (2024). *Securing the Maritime Transportation System: A GIS Concept of Operations*. Esri. <https://www.esri.com/en-us/industries/blog/articles/securing-the-maritime-transportation-system-a-gis-concept-of-operations/>
- Waluyo, B. (2002). Penelitian Hukum Dalam Praktek. *Penerbit Sinar Grafika*.