

Pengaplikasian SIG dalam Keamanan Maritim: Analisis Matriks Christian Bueger

Fathurrahman Jamil^{1*}, Surachman Surjaatmadja², Trismadi³

^{1,2,3}Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

fathurrahman.jamil@km.idu.ac.id^{1*}, surachman.surjaatmadja@idu.ac.id², trismadi@gmail.com³

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Received : 24 Mei, 2026

Revised : 26 Mei, 2026

Accepted : 29 Mei, 2026

Kata Kunci:

Sistem Informasi Geografi;
keamanan maritim;
matriks Christian Bueger;
teknologi;
Indonesia

ABSTRAK

Keamanan maritim merupakan isu strategis bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang memiliki wilayah laut luas dan kompleks. Berbagai ancaman seperti illegal fishing, penyelundupan, pencemaran laut, dan risiko keselamatan pelayaran menuntut adanya sistem pemantauan yang efektif dan terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaplikasian Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam mendukung pemantauan keamanan maritim dengan menggunakan pendekatan matriks Christian Bueger. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi literatur, melalui analisis terhadap berbagai sumber ilmiah dan data sekunder terkait teknologi SIG dan keamanan maritim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SIG memiliki peran penting dalam empat dimensi keamanan maritim, yaitu keamanan nasional, pembangunan ekonomi, keamanan manusia, dan lingkungan laut. Dalam dimensi keamanan nasional, SIG mampu mendeteksi pelanggaran batas wilayah serta mengidentifikasi aktivitas maritim ilegal. Dalam dimensi ekonomi, SIG berkontribusi pada pencegahan illegal fishing, mengantisipasi penyelundupan dan perompakan. Pada aspek lingkungan laut, SIG digunakan untuk memantau kondisi ekosistem laut dan pencemaran. Sementara itu, dalam dimensi keamanan manusia, SIG berperan dalam meningkatkan keselamatan pelayaran dan mitigasi bencana maritim. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan SIG mampu memperkuat sistem keamanan maritim secara komprehensif dan terintegrasi. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kapasitas teknologi, sumber daya manusia, serta koordinasi antar lembaga guna mengoptimalkan pemanfaatan SIG dalam pengawasan wilayah laut.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki posisi geografis strategis di antara Samudra Hindia dan Pasifik, menjadikannya poros penting dalam sistem logistik maritim global (Sianipar et al., 2025). Indonesia secara geografis dikenal sebagai negara kepulauan yang didominasi oleh wilayah perairan, di mana luas lautnya mencapai sekitar dua pertiga dari total wilayah. Kondisi ini tercermin dari panjang garis pantai yang mencapai kurang lebih 81.000 km, menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara dengan garis pantai terpanjang di dunia setelah Kanada. Secara global, perbandingan luas laut dan daratan adalah sekitar 70:30, yang menunjukkan besarnya

peran wilayah laut bagi negara-negara yang memiliki kepentingan maritim. Dalam konteks perkembangan lingkungan strategis yang terus berubah, laut semakin menjadi faktor penting dan dominan dalam mendorong kemajuan serta kekuatan suatu negara. (Suwarno et al., 2019). Posisi geografis ini memberikan keuntungan ekonomi yang besar, namun di sisi lain juga menghadirkan berbagai tantangan dalam menjaga keamanan maritim. Kompleksitas wilayah laut Indonesia menuntut adanya sistem pengawasan yang efektif, terintegrasi, dan berbasis teknologi. Ancaman terhadap keamanan maritim semakin beragam dan kompleks, mulai dari praktik illegal fishing, penyelundupan barang ilegal, perompakan, hingga pelanggaran batas wilayah oleh kapal asing. Selain itu, ancaman non-tradisional seperti pencemaran laut dan kerusakan ekosistem juga menjadi perhatian serius. Berbagai permasalahan tersebut menunjukkan bahwa keamanan maritim tidak hanya berkaitan dengan aspek pertahanan, tetapi juga mencakup dimensi ekonomi, lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat.

Selama ini, pengawasan wilayah laut masih menghadapi berbagai keterbatasan, baik dari segi sumber daya manusia, sarana prasarana, maupun teknologi. Metode pengawasan konvensional yang mengandalkan patroli fisik dinilai belum mampu menjangkau seluruh wilayah perairan secara optimal. Kondisi ini membuka celah bagi berbagai aktivitas ilegal yang sulit terdeteksi secara cepat dan akurat. Dalam menghadapi tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi menjadi suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar dalam mendukung pengawasan wilayah laut adalah Sistem Informasi Geografi (SIG). 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). SIG memungkinkan pengolahan, analisis, dan visualisasi data spasial secara sistematis sehingga dapat memberikan informasi yang akurat dan real-time mengenai kondisi wilayah laut. Pemanfaatan SIG dalam keamanan maritim memberikan berbagai keunggulan, antara lain kemampuan untuk memantau pergerakan kapal, mengidentifikasi wilayah rawan pelanggaran, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dengan integrasi berbagai sumber data seperti citra satelit dan sistem pelacakan kapal, SIG mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengawasan laut secara signifikan.

Namun demikian, penggunaan SIG dalam konteks keamanan maritim tidak dapat dilepaskan dari kerangka konseptual yang komprehensif. Dalam hal ini, pendekatan yang dikemukakan oleh Christian Bueger menjadi relevan untuk digunakan sebagai landasan analisis. Bueger mengemukakan bahwa keamanan maritim mencakup empat dimensi utama, yaitu keamanan nasional, lingkungan laut, pembangunan ekonomi, dan keamanan manusia, yang saling berkaitan satu sama lain (Bueger & Edmunds, 2017). Pendekatan matriks Christian Bueger memungkinkan analisis yang lebih holistik terhadap berbagai isu keamanan maritim. Dengan menggunakan kerangka ini, pemanfaatan SIG tidak hanya dilihat sebagai alat teknis, tetapi juga sebagai instrumen strategis yang berkontribusi pada berbagai aspek keamanan secara simultan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa kebijakan dan strategi yang diambil dapat menjawab tantangan secara menyeluruh.

Penelitian mengenai pemanfaatan SIG dalam keamanan maritim telah banyak dilakukan, namun sebagian besar masih berfokus pada aspek teknis dan operasional. Sementara itu, kajian yang mengintegrasikan teknologi SIG dengan pendekatan multidimensional seperti matriks Bueger masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan mengkaji peran SIG dalam perspektif yang lebih luas. Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pemanfaatan SIG dalam mendukung keamanan maritim serta bagaimana peran tersebut dianalisis berdasarkan matriks Christian Bueger. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi SIG dalam masing-masing dimensi keamanan maritim serta menganalisis keterkaitan antar dimensi tersebut. Adapun manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai keamanan maritim dengan pendekatan multidimensional. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah dan pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam pemanfaatan teknologi SIG untuk mendukung keamanan maritim di Indonesia.

METODE

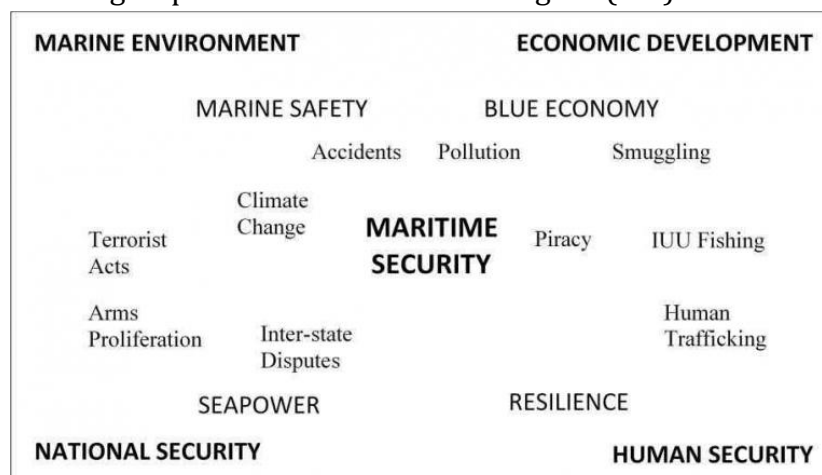
Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan tujuan untuk menganalisis Pengaplikasian Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam keamanan maritim. Penelitian kualitatif deskriptif adalah metode penelitian yang dijelaskan secara deskriptif yang menggunakan data kualitatif berdasarkan temuan penelitian, adapun caranya adalah dengan menganalisis peristiwa dan fenomena (Furidha, 2024). Jenis penelitian yang digunakan adalah studi literatur, dengan mengkaji berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan laporan resmi yang relevan. Studi literatur merupakan komponen penting dalam proses penelitian, karena memungkinkan identifikasi, interpretasi, dan pengorganisasian pengetahuan yang tersedia tentang suatu fenomena (Emilio Martinez Barrios & Rosa Escobar Brochero, 2025). Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai pengaplikasian SIG dalam mendukung keamanan maritim tanpa melakukan pengukuran kuantitatif secara langsung.

Analisis dalam penelitian ini menggunakan kerangka matriks yang dikemukakan oleh Christian Bueger, yang membagi keamanan maritim ke dalam empat dimensi, yaitu keamanan nasional, lingkungan laut, pembangunan ekonomi, dan keamanan manusia. Kerangka ini digunakan untuk mengklasifikasikan serta mengevaluasi kontribusi SIG dalam masing-masing dimensi tersebut secara sistematis. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang dipilih berdasarkan relevansi dan kredibilitas sumber. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi, sedangkan analisis data menggunakan analisis isi (*content analysis*) dengan cara mengidentifikasi, mengelompokkan, dan menginterpretasikan informasi sesuai dengan dimensi dalam matriks Christian Bueger. Untuk menjaga validitas, dilakukan triangulasi sumber dengan membandingkan berbagai referensi yang berbeda. Melalui metode ini, diharapkan diperoleh gambaran yang jelas mengenai peran SIG dalam pemantauan keamanan maritim secara multidimensional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan SIG dalam Dimensi Keamanan Nasional

Dalam perspektif matriks keamanan maritim yang dikemukakan oleh Christian Bueger, sebagaimana gambar matriks maritime security Christian Bueger, keamanan maritim dipahami sebagai konsep yang bersifat multidimensional. Matriks ini menempatkan keamanan maritim sebagai pusat yang dipengaruhi oleh empat dimensi utama, yaitu keamanan nasional, pembangunan ekonomi, keamanan manusia, dan lingkungan laut. Dimensi keamanan nasional mencakup isu-isu seperti sengketa antarnegara, terorisme, penyelundupan senjata serta kekuatan laut (*seapower*) yang berkaitan dengan kedaulatan negara. Dimensi pembangunan ekonomi meliputi aktivitas ekonomi maritim seperti *blue economy*, perdagangan laut, serta ancaman seperti penyelundupan, perompakan, dan illegal fishing. Selanjutnya, dimensi keamanan manusia berfokus pada perlindungan individu dari ancaman seperti perdagangan manusia dan risiko keselamatan pelayaran. Sementara itu, dimensi lingkungan laut menyoroti pentingnya menjaga ekosistem laut dari pencemaran, perubahan iklim, dan kecelakaan laut. Dengan demikian, matriks ini menegaskan bahwa keamanan maritim merupakan hasil interaksi kompleks dari berbagai sektor yang saling terkait, sehingga memerlukan pendekatan yang terintegrasi dalam pengelolaannya, termasuk melalui pemanfaatan teknologi seperti Sistem Informasi Geografi (SIG).



Gambar 1. Matriks Maritime Security (Bueger, 2015)

Berdasarkan hasil kajian, pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam dimensi keamanan nasional menunjukkan kontribusi yang signifikan dalam mendukung pengawasan dan perlindungan kedaulatan wilayah laut. Dalam kerangka matriks Christian Bueger, keamanan nasional mencakup aspek pengendalian wilayah, pencegahan ancaman lintas batas, serta penguatan kekuatan laut. SIG berperan sebagai sistem integrasi data spasial yang mampu menggabungkan informasi mengenai batas wilayah, jalur pelayaran strategis, serta pergerakan kapal secara real-time melalui teknologi pendukung seperti satelit dan sistem pelacakan kapal.

Hasil kajian menunjukkan bahwa SIG efektif dalam mendeteksi pelanggaran batas wilayah oleh kapal asing sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh (Reggiannini et al., 2024) dalam penelitian tersebut terlihat bahwa SIG dapat memahami lalu lintas kapal maritim dan mendeteksi aktivitas ilegal serta memprediksi status lalu lintas. Penelitian

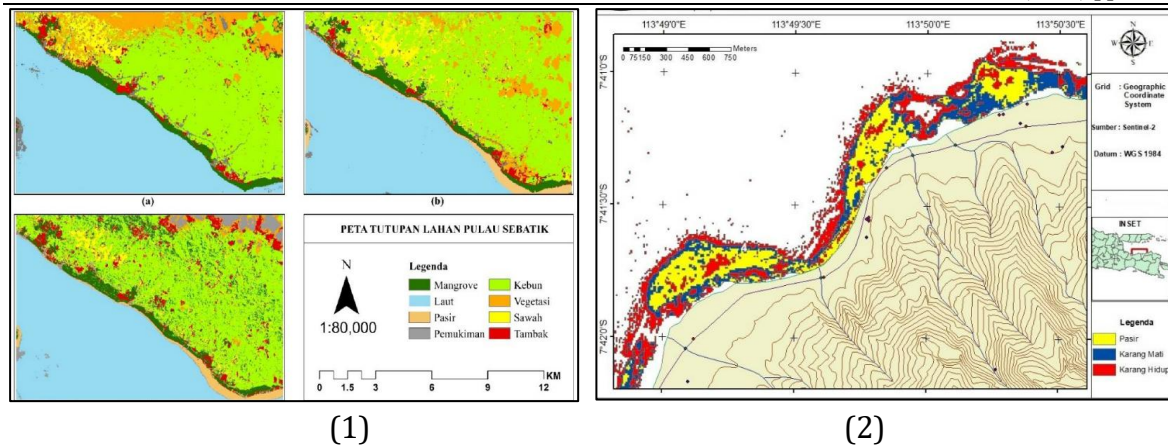
(McCarthy et al., 2023) juga memperlihatkan bagaimana SIG dapat secara efektif mendeteksi dan mengidentifikasi aktivitas maritim ilegal serta membantu dalam pencarian potensi jalur penyelundupan. Dengan kemampuan analisis spasial, SIG dapat mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang mencurigakan serta memetakan wilayah rawan yang memerlukan pengawasan lebih intensif. Hal ini memungkinkan aparat keamanan untuk mengambil langkah preventif maupun responsif secara lebih cepat dan tepat.

Selain itu, SIG juga mendukung pengambilan keputusan strategis dalam penempatan kekuatan maritim. Informasi berbasis peta yang dihasilkan SIG dapat digunakan untuk menentukan prioritas patroli, distribusi armada, serta penguatan titik-titik strategis di wilayah perbatasan laut. Dengan demikian, pemanfaatan SIG tidak hanya meningkatkan efektivitas operasional, tetapi juga memperkuat kapasitas negara dalam menjaga stabilitas dan keamanan wilayah maritim secara berkelanjutan.

Pemanfaatan SIG dalam Dimensi Lingkungan Laut

Berdasarkan hasil kajian, pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam dimensi lingkungan laut menunjukkan peran yang penting dalam mendukung pemantauan dan perlindungan ekosistem maritim. Dalam kerangka matriks Christian Bueger, dimensi lingkungan laut menitikberatkan pada upaya menjaga keberlanjutan ekosistem dari berbagai ancaman seperti pencemaran, perubahan iklim, dan kerusakan habitat laut. SIG memungkinkan pengumpulan, pengolahan, dan visualisasi data spasial yang berkaitan dengan kondisi lingkungan laut secara lebih sistematis dan berkelanjutan. Hasil analisis menunjukkan bahwa SIG efektif digunakan untuk memantau sebaran pencemaran laut, seperti tumpahan minyak dan limbah industri, melalui integrasi data citra satelit dan pemodelan spasial. Penelitian yang dilakukan (Grace Nwachukwu et al., 2025) memperlihatkan bagaimana GIS mampu menilai dampak lingkungan pada ekosistem laut, melacak penyebaran kontaminan dan mengidentifikasi sumber pencemaran dengan menggabungkan citra satelit, jaringan sensor terestrial dan basis data kualitas air.

Selain itu, SIG juga mampu mengidentifikasi perubahan kondisi ekosistem, seperti perubahan tutupan lahan mangrove, degradasi terumbu karang, abrasi pantai, serta dinamika perubahan garis pantai akibat aktivitas manusia maupun faktor alam. Dengan adanya pemetaan yang akurat, wilayah yang mengalami kerusakan dapat segera diidentifikasi sehingga dapat ditindaklanjuti melalui kebijakan yang lebih tepat sasaran. Dalam konteks perubahan tutupan lahan mangrove, penelitian oleh (Hendrawan et al., 2018) menunjukkan bahwa SIG mampu menganalisis perubahan luasan mangrove secara temporal dari tahun 2005 hingga 2016 di Pulau Sebatik, Kalimantan Utara, sekaligus menghitung persentase perubahannya secara kuantitatif. Sementara itu, dalam kajian degradasi terumbu karang, penelitian (Fuad et al., 2022) memperlihatkan bahwa SIG yang dipadukan dengan citra satelit Sentinel-2 mampu memetakan sebaran terumbu karang serta menganalisis kondisi kesehatannya di kawasan Pantai Pasir Putih, Situbondo, Jawa Timur secara lebih detail dan akurat.



Gambar 2. (1) Peta Tutupan Lahan Pulau Sebatik 2005-2016 (Hendrawan et al., 2018), (2) Peta Sebaran Terumbu Karang di Pasir Putih, Probolinggo (Fuad et al., 2022).

Pemanfaatan SIG tidak hanya bersifat reaktif dalam mendeteksi kerusakan lingkungan, tetapi juga proaktif dalam perencanaan pengelolaan wilayah pesisir dan laut secara berkelanjutan. SIG dapat digunakan untuk menentukan zonasi wilayah laut, mengurangi konflik pemanfaatan ruang, serta mendukung konservasi sumber daya alam. Namun demikian, implementasi SIG masih menghadapi kendala seperti keterbatasan data yang akurat dan real-time, serta kurangnya integrasi antar lembaga. Oleh karena itu, diperlukan penguatan sistem data lingkungan dan koordinasi lintas sektor agar pemanfaatan SIG dalam dimensi lingkungan laut dapat lebih optimal dalam mendukung keamanan maritim.

Pemanfaatan SIG dalam Dimensi Pembangunan Ekonomi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) berperan penting dalam mendukung pembangunan ekonomi maritim melalui pengelolaan sumber daya laut yang lebih efektif dan berbasis data. Dalam kerangka matriks Christian Bueger, dimensi pembangunan ekonomi mencakup aktivitas pemanfaatan laut sebagai sumber pertumbuhan sekaligus pengendalian terhadap berbagai ancaman ekonomi seperti illegal fishing, penyelundupan, dan perompakan. SIG memungkinkan integrasi data spasial terkait potensi sumber daya, jalur pelayaran, serta aktivitas ekonomi laut sehingga memberikan gambaran yang komprehensif bagi pengambilan keputusan. Penelitian Peran SIG dalam memberantas IUU Fishing, penyelundupan dan perompakan telah dilakukan di beberapa negara sebagaimana tabel berikut:

Tabel 1. Pengaplikasian SIG dalam Dimensi Pembangunan Ekonomi

Pendekatan	Tujuan Utama	Hasil Penting	Peneliti
Sistem INSURE di Ghana menggabungkan citra radar Sentinel-1, Sentinel-2, dan data Automatic Identification System (AIS) untuk mendeteksi kapal dan mencocokkan dengan kapal yang terdaftar;	Pantau IUU Fishing di Ghana	1. Sistem ini memiliki tingkat keberhasilan deteksi sebesar 91% untuk kapal yang terdaftar di AIS. 2. Mampu melihat kapal yang	(Kurekin et al., 2019)

Pendekatan	Tujuan Utama	Hasil Penting	Peneliti
hasilnya ditampilkan di portal web untuk otoritas pantai		berpotensi terlibat dalam IUU Fishing	
Pengawasan intelijen kepabeanean Indonesia dan penggunaan aplikasi layanan data eksternal yang menjadi alat analisis intelijen kepabeanean.	Mengantisipasi ancaman penyelundupan.	Analisis intelijen kepabeanean Indonesia menggunakan aplikasi layanan data eksternal seperti: Global Trade Atlas (GTA), Automatic Identification System (AIS), Marine Traffic, Sea Web, Panjiva, Questnet, Intelligence Media Analytics (IMA), dan Intelligence Socio. Analytics (ISA) untuk penargetan, pembuatan profil, dan riset dokumen.	(Tanjung et al., 2023)
SIG mampu memperkirakan probabilitas terjadinya pembajakan	Mengetahui probabilitas rata-rata bertemu bajak laut	Hasil menunjukkan probabilitas rata-rata bertemu bajak laut pada tahun 2012 adalah 0,0216% ketika sebuah kapal menempuh jarak seribu mil.	(Huang et al., 2015)

Sumber: Diproses oleh Penulis, 2026

Secara analitis, SIG dikenal mampu mendeteksi aktivitas ilegal yang merugikan negara, khususnya praktik illegal, unreported, and unregulated fishing (IUU Fishing). Dengan analisis pergerakan kapal dan pola aktivitas di laut, pemerintah dapat melakukan pengawasan yang lebih terarah serta meminimalisir kerugian ekonomi yang ditimbulkan. Pemanfaatan SIG tidak hanya berfungsi sebagai alat pengawasan, tetapi juga sebagai instrumen perencanaan ekonomi maritim yang berkelanjutan. SIG dapat digunakan untuk mendukung pengembangan konsep ekonomi biru (blue economy), penataan ruang laut, serta optimalisasi distribusi logistik melalui jalur laut. Namun demikian, implementasi SIG dalam dimensi ini masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan akses data yang terintegrasi, kurangnya koordinasi antar sektor, serta belum optimalnya pemanfaatan teknologi oleh pemangku kepentingan. Oleh karena itu, diperlukan penguatan sistem informasi, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta integrasi kebijakan agar pemanfaatan SIG dapat secara maksimal mendukung pembangunan ekonomi maritim yang berkelanjutan.

Pemanfaatan SIG dalam Dimensi Keamanan Manusia

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keamanan manusia di sektor maritim, khususnya bagi masyarakat pesisir dan pengguna laut. Dalam kerangka matriks Christian Bueger, dimensi keamanan manusia berfokus pada perlindungan individu dari berbagai ancaman seperti kecelakaan pelayaran, perdagangan manusia, serta risiko bencana laut. SIG memungkinkan integrasi data spasial terkait kondisi laut, cuaca, jalur pelayaran, serta lokasi aktivitas manusia sehingga dapat mendukung sistem peringatan dini dan pengambilan keputusan yang lebih cepat. Penelitian Peran SIG dalam menghasilkan data spasial terkait kondisi laut, cuaca, jalur pelayaran terlihat bagaimana tabel berikut:

Tabel 2. Pengaplikasian SIG dalam Dimensi Keamanan Manusia

Jenis Data	Penelitian	Peran dalam Keputusan Cepat dan Peringatan Dini	Peneliti
Data laut & oseanografi	Gelombang, arus, intrusi udara laut	Deteksi bahaya pesisir	(Aziz, 2025; Linchong et al., 2022)
Data cuaca& iklim	Angin, siklon, hujan ekstrem	Peringatan badai, banjir dan gelombang tinggi	(Najafi et al., 2024)
Jalur pelayaran & AIS	Pola rute kapal, kepadatan lalu lintas	Deteksi anomali, manajemen lalu lintas laut	(Zissis et al., 2020)
Aktivitas manusia	Pemanfaatan ruang laut dan fasilitas pesisir	Regulasi aktivitas & Zona Lindung	(Melet et al., 2020)

Sumber: Diproses oleh penulis, 2026

SIG terbukti efektif dalam meningkatkan keselamatan pelayaran melalui penyediaan informasi navigasi yang akurat, termasuk peta jalur aman, kondisi gelombang, dan potensi bahaya di laut. Selain itu, SIG juga berperan dalam mitigasi bencana maritim seperti tsunami, badai, dan gelombang tinggi dengan cara memetakan wilayah rawan serta jalur evakuasi. Dalam konteks sosial, SIG dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah rentan terhadap aktivitas ilegal seperti perdagangan manusia dan eksploitasi tenaga kerja di sektor kelautan, sehingga mendukung upaya perlindungan masyarakat.

Pemanfaatan SIG tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai instrumen perlindungan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir. Informasi berbasis SIG dapat membantu nelayan dalam menentukan lokasi tangkap yang aman dan produktif, serta mengurangi risiko kecelakaan di laut. Namun demikian, implementasi SIG dalam dimensi keamanan manusia masih menghadapi kendala, seperti keterbatasan akses teknologi di tingkat masyarakat, kurangnya literasi digital, serta belum meratanya distribusi informasi. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan akses teknologi, edukasi masyarakat, serta integrasi sistem informasi agar pemanfaatan SIG dapat lebih optimal dalam mendukung keamanan dan kesejahteraan manusia di wilayah maritim.

KESIMPULAN, REKOMENDASI DAN KETERBATASAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) memiliki peran yang signifikan dalam mendukung keamanan maritim secara multidimensional. Melalui pendekatan matriks Christian Bueger, SIG terbukti berkontribusi dalam empat dimensi utama, yaitu keamanan nasional, pembangunan ekonomi, lingkungan laut, dan keamanan manusia. SIG mampu mengintegrasikan data spasial secara efektif sehingga meningkatkan kemampuan pemantauan, deteksi dini, serta pengambilan keputusan dalam pengelolaan wilayah laut. Dengan demikian, SIG tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam memperkuat sistem keamanan maritim yang terintegrasi dan berkelanjutan.

Adapun rekomendasi yang dapat diberikan adalah perlunya peningkatan infrastruktur teknologi SIG serta integrasinya dengan sistem lain seperti satelit dan pelacakan kapal guna meningkatkan akurasi dan efektivitas pengawasan. Selain itu, penguatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan di bidang geospasial menjadi hal yang penting untuk mendukung implementasi yang optimal. Diperlukan pula peningkatan koordinasi antar lembaga terkait agar pertukaran data dan informasi dapat berjalan secara efisien. Di sisi lain, pemerintah perlu mendorong kebijakan yang mendukung pemanfaatan SIG secara berkelanjutan, termasuk dalam aspek perlindungan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada penggunaan pendekatan studi literatur yang hanya mengandalkan data sekunder sehingga belum didukung oleh data empiris lapangan. Selain itu, analisis yang menggunakan kerangka matriks Christian Bueger masih bersifat konseptual dan belum sepenuhnya menggambarkan kondisi implementatif di lapangan. Keterbatasan akses terhadap data maritim yang bersifat strategis serta tidak digunakannya pendekatan kuantitatif juga menjadi kendala dalam mengukur tingkat efektivitas SIG secara lebih akurat. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mengombinasikan metode kualitatif dan kuantitatif, serta melibatkan data primer agar menghasilkan analisis yang lebih mendalam dan aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M. (2025). *Integration Of Landscape Analysis, Mobile Gis And Ant Algorithm For Early Warning And Coastal Security Systems*. 7(2), 2656–6257. <https://doi.org/10.12928/mf.v1i1>
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.005>
- Bueger, C., & Edmunds, T. (2017). Beyond seablindness: A new agenda for maritime security studies. *International Affairs*, 93(6), 1293–1311. <https://doi.org/10.1093/ia/iix174>
- Emilio Martinez Barrios, H., & Rosa Escobar Brochero, A. (2025). Literature Review In Scientific Research: Foundations, Scope, And Methodological Guidelines For Its Preparation. *International Journal of Applied Mathematics*, 38(10s), 2025. <https://orcid.org/0000-0002-6932-157X>
- Fuad, M. A. Z., Ramadhani, M. F. N., Dewi, C. S. U., Fikri, M. A., & Herdikusuma, E. B. (2022). Pemetaan terumbu karang dengan citra satelit Sentinel-2 dan analisis kondisi karang

- di kawasan Pantai Pasir Putih, Situbondo Jawa Timur. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 27(1), 73–87. <https://doi.org/10.17977/um017v27i12022p73-87>
- Furidha, B. W. (2024). Comprehension Of The Descriptive Qualitative Research Method: A Critical Assessment Of The Literature. *Journal of Multidisciplinary Research*, 1–8. <https://doi.org/10.56943/jmr.v2i4.443>
- Grace Nwachukwu, Kalu Okigwe, Remigius Sunny Nwachukwu, Ethelbart Chiamaka Immaculata, & Preye Calista Ebimami. (2025). The role of GIS in monitoring and mitigating chemical pollution in aquatic ecosystems: A case study of Nigeria and Africa. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 32(1), 116–134. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2025.32.1.0268>
- Hendrawan, ., Gaol, J. L., & Susilo, S. B. (2018). Studi Kerapatan Dan Perubahan Tutupan Mangrove Menggunakan Citra Satelit Di Pulau Sebatik Kalimantan Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 99–109. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.18595>
- Huang, D.-Z., Li, Y., & Hu, H. (2015). *Application of Geographic Information System to Calculate the Probability of Piracy Occurrence*.
- Kurekin, A. A., Loveday, B. R., Clements, O., Quartly, G. D., Miller, P. I., Wiafe, G., & Agyekum, K. A. (2019). Operational monitoring of illegal fishing in Ghana through exploitation of satellite earth observation and AIS data. *Remote Sensing*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/rs11030293>
- Linchong, K., Xiaoyi, J., Longfei, Z., Yi, W., Long, H., Xue, G., & Haiyan, H. (2022). A Decision Support System for Marine Regulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1004(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1004/1/012009>
- McCarthy, M. J., Hughes, D., Patterson, J., Channer, M. A., McGee, M., Meade, S., Moss, K., & Trask, P. (2023). Automated remote sensing tools to counter illicit maritime activity: vessel detection, bathymetry and topography from WorldView imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 44(19), 6117–6130. <https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2247525>
- Melet, A., Teatini, P., Le Cozannet, G., Jamet, C., Conversi, A., Benveniste, J., & Almar, R. (2020). Earth Observations for Monitoring Marine Coastal Hazards and Their Drivers. In *Surveys in Geophysics* (Vol. 41, Number 6, pp. 1489–1534). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10712-020-09594-5>
- Najafi, H., Shrestha, P. K., Rakovec, O., Apel, H., Vorogushyn, S., Kumar, R., Thober, S., Merz, B., & Samaniego, L. (2024). High-resolution impact-based early warning system for riverine flooding. *Nature Communications*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48065-y>
- Oscó, 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). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102456>
- Reggiannini, M., Salerno, E., Bacciu, C., D'Errico, A., Lo Duca, A., Marchetti, A., Martinelli, M., Mercurio, C., Mistretta, A., Righi, M., Tampucci, M., & Paola, C. Di. (2024). Remote Sensing for Maritime Traffic Understanding. *Remote Sensing*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/rs16030557>
- Sianipar, A. T. U., Siagian, C. C. M., & Silalahi, V. A. J. M. (2025). Strategic Position of Indonesian Waters in Supporting Global Maritime Trade Flows. *Jurnal Cakrawala Akademika*, 2(1), 943–957. <https://doi.org/10.70182/jca.v2i1.599>

- Suwarno, Y., Verne, B. Y., & Pribadi, I. (2019). Implementasi Kebijakan Pembinaan Potensi Maritim Terhadap Pemberdayaan Wilayah Pertahanan Laut. *Journal of Public Policy Applied Administration*, *1*, 107–110.
- Tanjung, R. E. S., Rofii, M. S., & Anriani, S. (2023). CUSTOMS INTELLIGENCE SURVEILLANCE AND ANALYSIS TOOLS IN ANTICIPATION OF SMUGGLING THREATS. *Indonesian Journal Of Multidisciplinary Science*.
- Zissis, D., Chatzikokolakis, K., Spiliopoulos, G., & Vodas, M. (2020). A Distributed Spatial Method for Modeling Maritime Routes. *IEEE Access*, *8*, 47556–47568. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979612>