

Sistem Informasi Geografik untuk Penataan Ruang Wilayah Maritim: Menuju Kerangka Terintegrasi untuk Keamanan Maritim (Systematic Review)

Aridha Ulul Azmi Pakukuh^{1*}, Trismadi², Bayu Asih Yulianto³

Universitas Pertahanan RI, Indonesia
aridha.pakukuh@km.idu.ac.id^{1*}

Article Info

Article history:

Received : Date Month, Year

Revised : Date Month, Year

Accepted : Date Month, Year

Kata Kunci:

Sistem Informasi Geografik;
Deteksi Kapal;
Keamanan Maritim;
Manajemen Zona Pesisir;
Maritime Spatial Planning;
Tinjauan Sistematis;
PRISMA SLR;

ABSTRAK

Pertumbuhan pesat aktivitas maritim dan peningkatan ancaman terhadap keamanan laut menuntut adanya alat pengelolaan spasial yang canggih. Namun, sintesis literatur yang menghubungkan teknologi SIG, perencanaan tata ruang laut, dan keamanan maritim masih terbatas. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyintesis literatur yang telah ditinjau mengenai penerapan GIS dan teknologi geospasial dalam perencanaan tata ruang maritim, sehingga menyediakan pengetahuan untuk pembuatan kebijakan dan penelitian selanjutnya. Metodologi yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR), dengan pendekatan PRISMA. Data berasal dari Dimensions AI menggunakan strategi pencarian Boolean empat tahap yang difilter untuk artikel yang diterbitkan tahun 2015 dan 2026. Data berjumlah 82 artikel diperoleh melalui pencarian String 4, total 33 artikel dipilih untuk dimasukkan ke dalam analisis akhir berdasarkan tiga kriteria: unsur GIS/geospasial, konteks maritim, dan relevansi keamanan/pengawasan/perencanaan ruang. Kumpulan artikel ilmiah menunjukkan lima kelompok utama: deteksi dan pelacakan kapal berbasis satelit dan AIS; kerangka kerja dan tata kelola perencanaan ruang maritim; MDA dan pengawasan keamanan; infrastruktur data geospasial maritim; implementasi spesifik konteks termasuk negara kepulauan dan pengelolaan zona pesisir. Hasil studi menunjukkan bahwa integrasi GIS dengan data AIS, penginderaan jauh, dan AI secara signifikan meningkatkan kesadaran situasional maritim dan efektivitas perencanaan ruang. Kesimpulan studi didapati perencanaan tata ruang maritim yang terintegrasi dengan GIS merupakan alat penting untuk memperkuat keamanan maritim.

PENDAHULUAN

Wilayah maritim mencakup lebih dari 70% permukaan Bumi dan menjadi landasan perdagangan global, dengan lebih dari 90% perdagangan dunia diangkut melalui jalur laut (Shabbir dkk., 2019). Pemanfaatan ruang laut yang meningkat secara bersamaan telah meningkatkan ancaman terhadap keamanan maritim, seperti penangkapan ikan ilegal, pembajakan, penyelundupan, penyeberangan perbatasan tanpa izin, dan pelanggaran lingkungan (Iroanya & Simataa, 2024; Ribeiro dkk., 2023). Akibatnya, kemampuan untuk memantau, merencanakan, dan mengatur wilayah maritim yang luas telah muncul sebagai prioritas kritis baik di tingkat nasional maupun internasional.

Sistem Informasi Geografis (SIG) secara luas diakui sebagai alat penting untuk analisis spasial dan pendukung pengambilan keputusan di berbagai bidang. Dalam sektor maritim, SIG memfasilitasi visualisasi, integrasi, dan analisis data spasial yang heterogen, termasuk citra satelit, jejak Sistem Identifikasi Otomatis (AIS), kumpulan data oseanografi, dan lapisan batas yurisdiksi (Kalyvas dkk., 2017; Zhou dkk., 2025). Integrasi GIS dengan teknologi penginderaan jauh dan kecerdasan buatan secara signifikan memajukan Kesadaran Domain Maritim (MDA), yang sangat penting untuk perencanaan tata ruang maritim dan tata kelola keamanan yang efektif (Riveiro dkk., 2018; Delaney dkk., 2016).

Perencanaan Tata Ruang Laut/*Marine Spatial Planning* (MSP) adalah proses di mana otoritas publik menganalisis dan mengatur aktivitas manusia di wilayah laut untuk mencapai tujuan ekologi, ekonomi, dan sosial (Rafael dkk., 2024a). *Marine Spatial Planning* (MSP) bergantung pada infrastruktur data geospasial yang kuat dan sistem pendukung keputusan spasial. Memasukkan *Geographic Information System* (GIS) ke dalam kerangka kerja *Marine Spatial Planning* (MSP) memungkinkan rekonsiliasi penggunaan laut yang saling bersaing, seperti konservasi, pelayaran, perikanan, energi, dan pertahanan, dalam struktur pengelolaan spasial yang terpadu (Schofield, 2021; Ryan, 2015).

Meskipun integrasi telah diakui, belum ada tinjauan sistematis yang merangkum literatur ilmiah di persimpangan antara GIS, perencanaan tata ruang laut, dan keamanan maritim. Tinjauan yang ada cenderung berfokus pada komponen individual, seperti deteksi kapal saja (Kanjir dkk., 2018; Alexandre dkk., 2024) atau perencanaan tata ruang laut secara terpisah (Rafael dkk., 2024) tanpa meneliti bagaimana dimensi-dimensi tersebut berinteraksi dalam kerangka geospasial terintegrasi. Kesenjangan tersebut membatasi pembuatan kebijakan berbasis bukti, terutama bagi negara-negara kepulauan dan pesisir dengan wilayah maritim yang kompleks seperti Indonesia (Nugraha & Chen, 2023); (Bokau dkk., 2025).

Studi ini mengatasi kesenjangan tersebut melalui tinjauan literatur sistematis yang menggunakan metodologi PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) dengan mengidentifikasi, menyaring, dan mensintesis 258 menjadi 33 artikel yang telah ditelaah dan dikumpulkan dari basis data Dimensions AI secara sistematis, tinjauan ini bertujuan untuk: (1) memetakan keadaan pengetahuan terkini mengenai penerapan GIS dalam perencanaan tata ruang laut dan keamanan; (2)

mengidentifikasi kelompok tematik dominan dan arah penelitian; (3) menyoroti kesenjangan kritis dan arah penelitian di masa depan; serta (4) memberikan wawasan yang relevan bagi kebijakan tata kelola tata ruang laut.

Tujuan khusus dari tinjauan sistematis ini adalah: (1) mengidentifikasi dan menyintesis literatur yang telah melalui tinjauan sistematis mengenai penerapan GIS dalam perencanaan tata ruang laut dan keamanan maritim (2015–2026). (2) Mengelompokkan literatur ke dalam klaster tematik berdasarkan pendekatan metodologis dan bidang penerapan. (3) Untuk mengevaluasi fokus geografis literatur dan mengidentifikasi wilayah yang kurang terwakili, khususnya negara-negara kepulauan. (4) Untuk merumuskan arah penelitian dan rekomendasi kebijakan guna mengintegrasikan GIS ke dalam instrumen perencanaan tata ruang maritim nasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR), mengadopsi kerangka kerja *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) sebagai pendekatan yang dilakukan dalam melaksanakan dan melaporkan tinjauan sistematis. Kerangka kerja PRISMA menyediakan pendekatan yang transparan, dapat direproduksi, dan komprehensif terhadap sintesis literatur, yang diterima secara luas dalam publikasi ilmiah di berbagai disiplin ilmu (Moher et al., 2009). Protokol tinjauan ini mencakup empat tahap berurutan: Identifikasi, Penyaringan, Kelayakan, dan Penyertaan/kumpulan akhir.

Basis Data dan Strategi Pencarian

Basis data utama yang digunakan untuk identifikasi artikel adalah Dimensions AI (app.dimensions.ai), yang dipilih karena cakupan literatur ilmiah multidisiplinnya yang komprehensif, integrasinya dengan sistem pengindeksan utama (Scopus, Web of Science), serta dukungannya terhadap kueri Boolean kompleks yang spesifik per bidang. Strategi pencarian Boolean empat tahap dikembangkan, yang dimulai dari cakupan luas hingga spesifik yang lebih sempit, guna menangkap lanskap literatur yang relevan secara sistematis sekaligus meminimalkan hasil yang tidak relevan.

Pencarian dibatasi pada: (1) Tahun Publikasi: 2015–2026; dan (2) Jenis Dokumen: Artikel Jurnal. Filter ini diterapkan secara konsisten di seluruh tahap pencarian untuk memastikan komparabilitas.

String Pencarian Boolean

Empat string pencarian Boolean yang semakin disempurnakan digunakan pada setiap tahap PRISMA sesuai dalam table 1 di bawah ini:

Tabel 1. String Pencarian Boolean

Tahap	Jenis Pencarian	String Pencarian (Ringkasan)	Tahap PRISMA
1	Broad Search	("GIS" OR "Geospatial" OR "Spatial Information System") AND ("Maritime Security" OR "Surveillance") AND ("Spatial Planning" OR "Coastal Zone Management" OR "Ocean Management")	Identifikasi
2	Moderate Search	("GIS" OR "Marine GIS" OR "Geospatial Technology") AND ("Maritime Security" OR "MDA" OR "Surveillance") AND ("Spatial Planning" OR "Coastal Management")	Penyaringan
3	Narrow Search	("Sistem Informasi Geografis" OR "GIS") AND ("Keamanan Maritim" OR "Pengawasan Maritim") AND ("Perencanaan Spasial Maritim" OR "Perencanaan Spasial Laut")	Kelayakan
4	Field-Specific	title:("Keamanan Maritim" OR "Pengawasan Maritim") AND abstract:("GIS" OR "Sistem Informasi Geografis" OR "Geospasial") AND abstract:("Perencanaan Spasial" OR "Pengelolaan Pesisir" OR "Kesadaran Domain Maritim")	Kumpulan Akhir

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

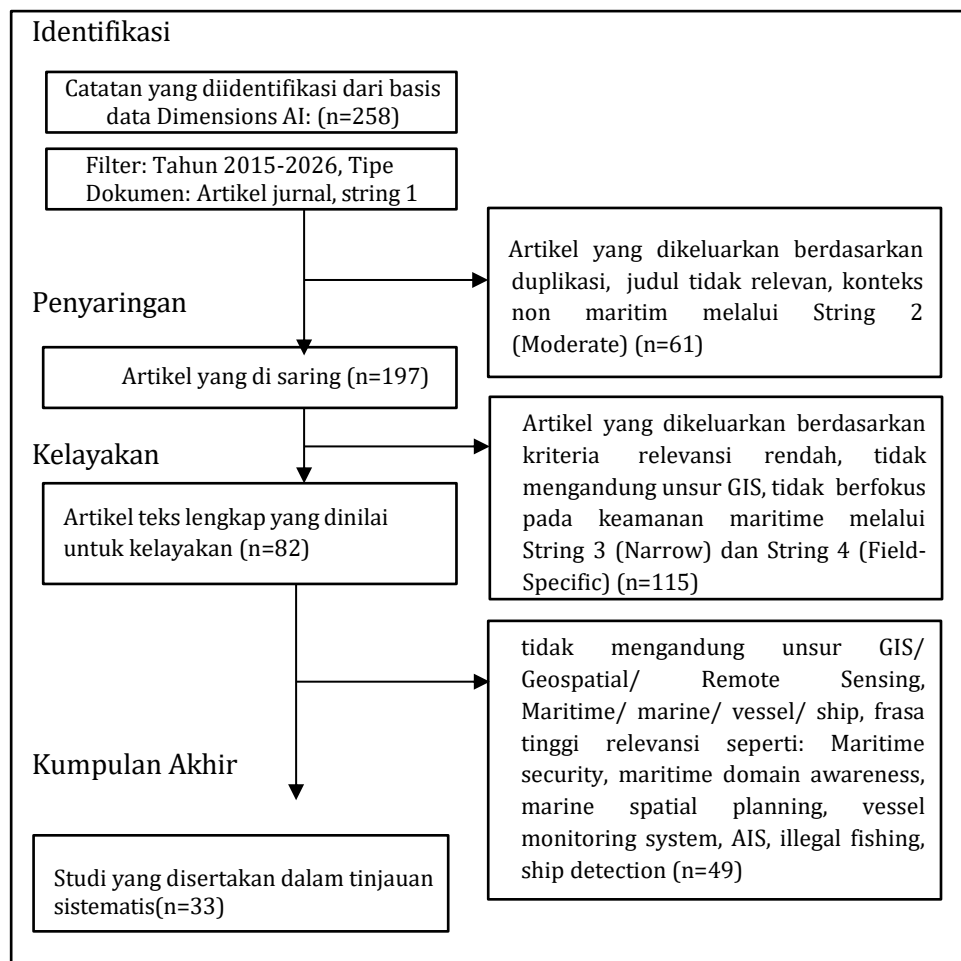
Artikel dimasukkan ke dalam korpus akhir jika memenuhi salah satu dari kondisi berikut: Kondisi 1 (Integrasi Penuh): Artikel tersebut mencakup unsur-unsur dari ketiga kriteria berikut: (a) GIS/Geospasial/Penginderaan Jauh, (b) konteks Maritim/Laut/Kapal, dan (c) Keamanan/Pengawasan/Perencanaan Tata Ruang. Kriteria 2 (Relevansi Tinggi): Artikel memenuhi dua dari tiga kriteria dan mengandung frasa-frasa yang relevan seperti Keamanan Maritim, Kesadaran Domain Maritim, Perencanaan Tata Ruang Laut, Sistem Pemantauan Kapal, AIS, Penangkapan Ikan Ilegal, Deteksi Kapal, atau yang setara.

Artikel-artikel yang tidak memenuhi syarat dengan ciri-ciri berikut: artikel yang diterbitkan di luar rentang waktu 2015–2026; artikel yang bukan merupakan artikel jurnal yang telah ditelaah oleh penulis; artikel yang tidak membahas domain maritim; artikel yang tidak memiliki metodologi penelitian yang jelas; atau artikel yang teridentifikasi sebagai duplikat dalam pencarian basis data.

Diagram Alur PRISMA

Gambar 1. Diagram Alur PRISMA SLR menggambarkan alur seleksi artikel. Catatan yang diidentifikasi dari basis data Dimensions AI berjumlah (n=258). Setelah filter: Tahun 2015-2026, Tipe Dokumen: Artikel jurnal. Artikel yang disaring berjumlah (n=258). Artikel yang dikeluarkan berdasarkan duplikasi, judul tidak relevan, konteks non-maritim melalui String 2 (Moderate) (n=197). Artikel teks lengkap yang dinilai untuk kelayakan (n=82). Artikel yang dikeluarkan berdasarkan kriteria relevansi rendah, tidak mengandung unsur GIS, tidak berfokus pada keamanan maritim melalui String 3 (Narrow) dan String 4 (Field-Specific) (n=49). Studi yang disertakan dalam tinjauan sistematis (n=33).

gambar 1. Diagram Alur PRISMA



Ekstraksi dan Analisis Data

Ekstraksi data dan analisis data dilakukan penulis agar mendapatkan artikel-artikel yang spesifik dan relevan. Penulis telah melakukan ekstraksi dan analisis data sesuai dengan alur PRISMA SLR. Berdasarkan pada masing-masing 33 artikel yang dimuat, penulis mengumpulkan beberapa data dengan hal-hal yang diperhatikan adalah sebagai berikut: judul, penulis, tahun terbit, jurnal sumber, DOI, fokus geografis, pendekatan metodologis utama, kategori tematik, dan temuan utama. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan sintesis tematik untuk mengidentifikasi pola-pola yang serupa, pendekatan metodologis yang dominan, serta kesenjangan penelitian di seluruh literatur. Artikel-artikel tersebut dikategorikan ke dalam kelompok tematik berdasarkan fokus utama penerapan GIS (Geographic Information System) dan orientasi keamanan maritimnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dicatat oleh penulis setelah dilakukan sintesis secara bertahap, yang kemudian ditampilkan ke dalam tabel 1 dan 2.

Karakteristik Studi yang Disertakan

Sebanyak 33 artikel jurnal yang telah melalui proses peninjauan, kemudian artikel-artikel tersebut dimasukkan dalam sintesis akhir. Rentang waktu publikasi mencakup

periode 2015 hingga 2026, dengan konsentrasi artikel yang signifikan terjadi antara tahun 2023 dan 2026. Tren tersebut menunjukkan adanya peningkatan minat akademis dalam mengintegrasikan teknologi geospasial dengan kerangka keamanan dan perencanaan maritim. Studi-studi yang dipilih telah diterbitkan dalam jurnal-jurnal yang mewakili berbagai disiplin ilmu, seperti penginderaan jarak jauh, kebijakan kelautan, sistem transportasi, hukum, dan sistem informasi. Artikel-artikel ilmiah yang telah dilakukan tahap seleksi dan termasuk ke dalam kategori artikel-artikel ilmiah yang paling relevan telah dikelompokkan dan dimuat ke dalam tabel berikut:

Tabel 2. DAFTAR ARTIKEL ILMIAH INCLUDED HASIL SELEKSI PRISMA SLR

No	Penulis (Tahun)	Judul Artikel	Jurnal	Kriteria PRISMA	
				GIS	Marsec
1	Kanjir et al. 2018	<i>Vessel detection and classification from spaceborne optical images: A literature survey</i>	Remote Sens. Environ.	-	Ya
2	Restrepo-Arias et al. 2022	<i>Industry 4.0 Technologies Applied to Inland Waterway Transport: Systematic Literature Rev...</i>	Sensors	-	Ya
3	Robertson & Horrocks 2017	<i>Spatial Context from Open and Online Processing (SCOOP): Geographic, Temporal, and Themat...</i>	ISPRS Int. J. Geo-Inf.	Ya	Ya
4	Riveiro et al. 2018	<i>Maritime anomaly detection: A review</i>	WIREs Data Mining Know.	-	Ya
5	Delaney et al. 2016	<i>Using message brokering and data mediation on earth science data to enhance global mariti...</i>	IOP Conf. Ser.: EES	-	Ya
6	Barale et al. 2017	<i>European Atlas of the Seas: 'a picture is worth a thousand words'</i>	J. Coast. Conserv.	Ya	Ya
7	Isbaex et al. 2025	<i>Application of GIS in the Maritime-Port Sector: A Systematic Review</i>	Sustainability	Ya	Ya
8	Hossain 2025	<i>Latest Technology: Best Choice to Develop Future Navy</i>	BIMRAD J.	Ya	Ya
9	Kalyvas et al. 2017	<i>A survey of official online sources of high-quality free-of-charge geospatial data</i>	Inf. Syst.	Ya	Ya
10	Ryan 2015	<i>Security spheres: A phenomenology of maritime spatial practices</i>	Secur. Dialogue	Ya	Ya
11	Rafael et al. 2024	<i>Marine spatial planning: a systematic literature review on its concepts, approaches and f...</i>	Marit. Stud.	Ya	Ya
12	Shabbir et al. 2019	<i>Space Technology Applications for Maritime Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance</i>	Astropolitics	Ya	Ya
13	Zhou et al. 2025	<i>Integrated application of big data and geospatial analysis in maritime transport and mari...</i>	Int. J. Appl. Earth Obs.	Ya	Ya
14	Gohari et al. 2023	<i>Recent Drone Applications in Malaysia: An Overview</i>	ISPRS Archives	Ya	Ya
15	Nasr et al. 2026	<i>A Proactive Defense: An OSINT Framework for Maritime Anomaly Detection</i>	IEEE Access	-	Ya
16	Bokau et al. 2025	<i>Implementing Buffer Zones Around Nusa Penida Island in the Lombok Strait to Enhance Marit...</i>	IOP Conf. Ser.: EES	-	Ya
17	Islam et al. 2026	<i>Smart Ocean: A Comprehensive Review of AI-Driven Ocean Monitoring and Maritime Security</i>	BIMRAD J.	-	Ya

No	Penulis (Tahun)	Judul Artikel	Jurnal	Kriteria PRISMA	
				GIS	Marsec
18	Rahmoun et al. 2018	<i>Ruralization vs. Urbanization Sprawl as Guiding Regional Planning: Development Strategies...</i>	IOP Conf. Ser.: EES	Ya	Ya
19	Schofield 2021	<i>Geographical Dimensions to Global Oceans Governance</i>	Geogr. Rev.	Ya	Ya
20	Nugraha & Chen 2023	<i>The current legal regime of the Indonesian outer small islands</i>	Griffith Law Rev.	-	Ya
21	Aprian et al. 2025	<i>Institutionalizing Indonesia's Commercial Fisheries: Insights From Fleet Dynamics and Spa...</i>	Fish. Manag. Ecol.	Ya	Ya
22	Ribeiro et al. 2023	<i>AIS-based maritime anomaly traffic detection: A review</i>	Expert Syst. Appl.	-	Ya
23	Abdeladhim et al. 2026	<i>A comprehensive survey of ML-based techniques for anomaly detection and classification at...</i>	Eng. Appl. AI	-	Ya
24	Santos et al. 2025	<i>Strengthening Adoption of Copernicus Services in Latin America: Capacity Building and Geo...</i>	Sustainability	Ya	Ya
25	Huang et al. 2024	<i>Generation and Application of Maritime Route Networks: Overview and Future Research Direc...</i>	IEEE Trans. ITS	-	Ya
26	Iroanya & Simataa 2024	<i>Illegal Fishing and Maritime Security: Historical and Contemporary Challenges in African ...</i>	Sci. Militaria	-	Ya
27	Yan et al. 2026	<i>A Fine-Grained Behavior Classification for Oil Tankers Based on Bidirectional Trajectory ...</i>	Int. J. Naval Archit.	-	Ya
28	Haris et al. 2019	<i>Legal Existence of Local Wisdom for Bajo Fishery Tribe on Indonesian Maritime Boundaries</i>	Hasanuddin Law Rev.	-	Ya
29	Rahmawati et al. 2025	<i>Utilization of AIS Data and Ship Simulator Integration in Maritime Safety: A Systematic R...</i>	IOP Conf. Ser.: EES	-	Ya
30	Stoddard et al. 2016	<i>Making sense of Arctic maritime traffic using the Polar Operational Limits Assessment Ris...</i>	IOP Conf. Ser.: EES	Ya	Ya
31	Li et al. 2026	<i>Automated Graph-Based Path Planning for Navigating Maritime Traffic</i>	IEEE Trans. ITS	-	Ya
32	Alexandre et al. 2024	<i>Ship Detection With SAR C-Band Satellite Images: A Systematic Review</i>	IEEE J. STARS	Ya	Ya
33	Li et al. 2021	<i>Tracking industrial fishing activities in African waters from space</i>	Fish Fish.	-	Ya

Pengelompokan Tematik Studi yang Disertakan

Melalui sintesis tematik, 33 artikel yang disertakan dikelompokkan ke dalam lima kelompok tematik utama. Kelompok-kelompok ini mencerminkan bidang penerapan utama GIS dan teknologi geospasial dalam literatur tentang keamanan maritim dan perencanaan tata ruang. Penulis telah mengklasifikasi 33 artikel ilmiah yang telah dilakukan penyaringan untuk kemudian dikelompokkan berdasarkan 5 klaster tematik, yaitu: klaster 1: deteksi dan pelacakan kapal, klaster 2: perencanaan tata ruang laut dan tata kelola ruang laut, klaster 3: kesadaran domain maritim dan keamanan maritim, klaster 4: infrastruktur data geospasial, klaster 5: implementasi konteks spesifik. Hal tersebut dimuat penulis ke dalam tabel berikut:

Tabel 3. KLASTER TEMATIK ARTIKEL ILMIAH HASIL TINJAUAN SISTEMATIS (N = 33)

Klaster Tematik	Deskripsi	Artikel	Referensi Utama
Klaster 1: Deteksi & Pelacakan Kapal	Penginderaan jauh, SAR, AIS, dan deteksi kapal berbasis satelit serta analisis trajektori	9	Kanjir et al. (2018); Alexandre et al. (2024); Ribeiro et al. (2023); Abdeladhim et al. (2026); Yan et al. (2026); Huang et al. (2024); Li et al. (2026); Rahmawati et al. (2025); Restrepo-Arias et al. (2022).
Klaster 2: Perencanaan Tata Ruang Laut & Tata Kelola	Kerangka kerja MSP, tata kelola lautan, pengelolaan batas maritim, dan dimensi hukum	5	Rafael et al. (2024); Schofield (2021); Ryan (2015); Nugraha & Chen (2023); Haris et al. (2019).
Klaster 3: Kesadaran Domain Maritim & Keamanan Maritim	Kesadaran situasional maritim, ISR, deteksi anomali, keamanan siber, dan penangkapan ikan ilegal	7	Riveiro et al. (2018); Shabbir et al. (2019); Iroanya & Simataa (2024); Nasr et al. (2026); Delaney et al. (2016); Hossain (2025); Islam et al. (2026).
Klaster 4: Infrastruktur Data Geospasial	Basis data geospasial, sumber data terbuka, layanan observasi bumi, dan aplikasi GIS pelabuhan	6	Kalyvas et al. (2017); Isbaex et al. (2025); Barale et al. (2017); Santos et al. (2025); Zhou et al. (2025); Robertson & Horrocks (2017).
Klaster 5: Implementasi Konteks Spesifik	Penerapan berbasis wilayah, meliputi Indonesia, Afrika, Arktik, dan pengelolaan kawasan pesisir	6	Bokau et al. (2025); Aprian et al. (2025); Stoddard et al. (2016); Li et al. (2021); Rahmoun et al. (2018); Gohari et al. (2023).

Distribusi Waktu dan Tren Publikasi

Analisis tahun terbit menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dalam penelitian Geographic Information System (GIS) maritim, dengan lonjakan signifikan yang dimulai pada tahun 2023. Studi yang diterbitkan pada periode 2025–2026 mencakup 12 dari 33 artikel yang disertakan, yang menandakan meningkatnya minat akademis didorong oleh kemajuan teknologi satelit, analisis geospasial berbasis Artificial Intelligence (AI), serta meningkatnya kekhawatiran terkait tata kelola keamanan maritim. Artikel-artikel paling awal (2015–2016) sebagian besar membahas topik-topik dasar seperti perencanaan tata ruang maritim dan infrastruktur kesadaran situasional, sedangkan publikasi yang lebih baru berfokus pada aplikasi pembelajaran mesin tingkat lanjut untuk deteksi anomali berbasis AIS dan keamanan maritim siber-fisik.

Fokus Geografis

Distribusi geografis studi yang disertakan menunjukkan penekanan yang kuat pada Global Utara, khususnya dalam konteks maritim Eropa seperti Arktik dan Mediterania, serta koridor pelayaran Asia Timur. Namun, semakin banyak literatur yang kini membahas tantangan keamanan maritim di Global Selatan, termasuk Indonesia (Bokau dkk., 2025; Aprian dkk., 2025; Nugraha & Chen, 2023; Haris dkk., 2019), Afrika (Iroanya & Simataa, 2024; Li dkk., 2021), dan Amerika Latin (Santos dkk., 2024). Pola tersebut menyoroti kebutuhan akan kerangka kerja *Geographic Information System* (GIS) yang spesifik untuk setiap wilayah yang responsif terhadap struktur tata kelola

dan tantangan keamanan yang unik bagi negara-negara kepulauan dan negara pesisir berkembang.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dimuat ke dalam Tabel 1 dan Tabel 2, didapati beberapa temuan/penjelasan dari artikel-artikel relevan yang telah dilakukan penyaringan oleh penulis.

Geographic Information System (GIS) sebagai Infrastruktur Dasar untuk Perencanaan Ruang Maritim (MSP)

Sintesis literatur yang disertakan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa *Geographic Information System* (GIS) merupakan infrastruktur spasial dasar yang menjadi landasan bagi perencanaan ruang maritim dan pengawasan keamanan maritim. Studi di seluruh Kluster 1 dan 4 secara konsisten menunjukkan bahwa tanpa data geospasial yang andal, termasuk catatan pelacakan kapal, citra satelit, lapisan oseanografi, dan batas yurisdiksi, perencanaan ruang maritim yang efektif tidak dapat dicapai (Kalyvas dkk., 2017; Isbaex dkk., 2025; Zhou dkk., 2025).

Atlas Laut Eropa (Barale dkk., 2017) dan survei sumber data geospasial untuk *Geographic Information System* (GIS) maritim (Kalyvas dkk., 2017) sama-sama menekankan bahwa data geospasial yang terbuka dan dapat diintegrasikan merupakan prasyarat bagi *Marine Spatial Planning* (MSP) yang berbasis bukti. Temuan tersebut diperkuat oleh pengalaman program Copernicus yang didokumentasikan di Amerika Latin (Santos dkk., 2025), yang menyoroti peran kritis infrastruktur pengamatan Bumi dalam memfasilitasi tata kelola ruang laut bahkan dalam konteks sumber daya yang terbatas.

Teknologi AIS dan Berbasis Satelit sebagai Pendukung Keamanan Maritim

Klaster 1 muncul sebagai kelompok yang paling padat secara teknis, mencakup deteksi anomali berbasis AIS (Ribeiro dkk., 2023; Abdeladhim dkk., 2026), deteksi kapal berbasis SAR (Alexandre dkk., 2024), klasifikasi kapal satelit optik (Kanjir dkk., 2018), dan pembentukan jaringan rute maritim (Huang dkk., 2024). Teknologi-teknologi ini secara kolektif membentuk tulang punggung teknologi dari Kesadaran Domain Maritim (MDA) modern.

Tinjauan tersebut mendapati bahwa data AIS, meskipun memiliki keterbatasan dalam hal manipulasi dan celah cakupan, tetap menjadi sumber data dominan untuk pengawasan maritim dan deteksi anomali. Integrasi algoritma pembelajaran mesin, khususnya pendekatan berbasis LSTM (Yan dkk., 2026) dan analisis lintasan berbasis grafik (J. Li dkk., 2026), dengan platform GIS diidentifikasi sebagai bidang yang menjanjikan untuk MDA waktu nyata. Riveiro dkk. (2018) menyajikan tinjauan mendasar mengenai metodologi deteksi anomali maritim, dengan mencatat bahwa konteks geospasial yang disediakan oleh *Geographic Information System* (GIS) yang sangat penting untuk menginterpretasikan anomali perilaku dalam lingkungan spasialnya.

Perencanaan Tata Ruang Laut (MSP): Kesenjangan Tata Kelola dan Kurangnya Integrasi Geographic Information System (GIS)

Literatur mengenai perencanaan tata ruang laut (*Cluster 2*) mengungkapkan adanya kesenjangan yang terus-menerus antara rencana kebijakan Marine Spatial Planning (MSP) dan implementasi geospasial. Rafael dkk. (2024) dalam tinjauan sistematis terhadap literatur Marine Spatial Planning (MSP) dari tahun 2004–2020 mengidentifikasi kesenjangan yang semakin melebar antara kerangka konseptual dan alat spasial operasional, dengan Geographic Information System (GIS) yang kurang dimanfaatkan sebagai instrumen perencanaan dalam banyak proses Marine Spatial System (MSP) nasional.

Ryan (2015) memberikan perspektif kritis, dengan berpendapat bahwa perencanaan tata ruang laut bukan sekadar latihan teknis, melainkan praktik yang sarat dengan politik dan keamanan dengan penetapan zona perlindungan laut secara mendasar mengubah akses, kedaulatan, dan keamanan di ruang laut bersama. Schofield (2021) juga menekankan dimensi geopolitik tata kelola laut, dengan berpendapat bahwa data spasial, khususnya data penetapan batas yang merupakan instrumen teknis sekaligus politik. Literatur kritis tersebut menyoroti bahwa *Geographic Information System* (GIS) dalam *Marine Spatial Planning* (MSP) harus ditempatkan dalam kerangka tata kelola yang lebih luas agar efektif.

Negara Kepulauan dan Kasus Indonesia

Salah satu temuan penting dalam tinjauan tersebut adalah konsentrasi literatur khusus negara kepulauan yang berfokus pada Indonesia, yang muncul dalam empat dari 33 studi yang disertakan (Bokau dkk., 2025; Aprian dkk., 2025; Nugraha & Chen, 2023); (Haris dkk., 2019). Hal tersebut mencerminkan baik skala tantangan maritim Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan lebih dari 17.000 pulau dan klaim Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) yang luas maupun meningkatnya perhatian akademis terhadap implikasi tata kelola dari geografi maritimnya yang unik. Bokau dkk. (2025) menunjukkan kegunaan praktis Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam menetapkan zona penyangga di sekitar titik-titik strategis maritim seperti Selat Lombok. Aprian dkk. (2025) mendokumentasikan bagaimana Sistem Pemantauan Kapal/*Vessel Monitoring System* (VMS) suatu bentuk pengawasan maritim yang didukung *Geographic Information System* (GIS) dapat diinstitusionalisasikan untuk memperkuat tata kelola perikanan. Kasus-kasus Indonesia menggambarkan tinjauan sebagai berikut: perencanaan ruang maritim yang terintegrasi dengan *Geographic Information System* (GIS) bukan sekadar konsep akademis, melainkan kebutuhan operasional bagi tata kelola keamanan kepulauan.

Teknologi yang Berkembang: AI (Artificial Intelligence), IoT (Internet of Things), dan Masa Depan GIS (Geographic Information System) Maritim

Beberapa studi dalam tinjauan ini (Hossain, 2025; Islam dkk., 2026; Nasr dkk., 2026; Abdeladhim dkk., 2026) merujuk pada generasi baru teknologi keamanan maritim yang semakin beroperasi di persimpangan antara GIS (*Geographic Information System*), AI (*Artificial Intelligence*), dan *Internet of Things* (IoT). Paradigma '*Smart Ocean*' (Islam

dkk., 2026) menggambarkan ekosistem pemantauan maritim yang sepenuhnya terintegrasi dengan *Geographic Information System* (GIS) berfungsi sebagai tulang punggung spasial untuk pemantauan lingkungan berbasis Artificial Intelligence (AI), keselamatan navigasi, dan pengawasan keamanan.

Kerangka kerja OSINT untuk keamanan siber maritim, Nasr dkk. (2026) menyoroti domain risiko yang sedang berkembang: seiring sistem maritim menjadi semakin terintegrasi secara digital, permukaan serangan meluas, dan intelijen geospasial menjadi komponen kritis dalam operasi siber baik ofensif maupun defensif. Aplikasi drone dalam konteks maritim (Gohari dkk., 2023) mewakili bidang baru lainnya, dengan sensor yang dipasang pada UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) memberikan pelengkap yang fleksibel dan hemat biaya bagi pengawasan maritim berbasis satelit.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Peninjauan sistematis ini dilakukan dengan menggunakan metodologi PRISMA dan mensintesis 33 artikel yang telah ditelaah dari basis data Dimensions AI (2015–2026), telah menghasilkan beberapa kesimpulan utama mengenai peran *Geographic Information System* (GIS) dalam perencanaan tata ruang laut dan keamanan maritim:

(1) GIS (*Geographic Information System*) bersifat mendasar, bukan opsional. GIS dan infrastruktur data geospasial muncul sebagai dasar penting untuk perencanaan tata ruang laut dan pengawasan keamanan maritim di seluruh lima kelompok tematik. *Marine Spatial Planning* (MSP) berubah menjadi kebijakan non-spasial tanpa data geospasial dan alat analisis spasial yang andal, dan pengawasan keamanan maritim kehilangan kaitannya dengan konteks situasional.

(2) Integrasi AIS dan satelit sedang mengubah MDA. Kombinasi data AIS, citra SAR, dan algoritma pembelajaran mesin dalam platform GIS sedang mendefinisikan ulang *Maritime Domain Awareness* (MDA), memungkinkan deteksi near-real-time terhadap perilaku kapal yang mencurigakan, aktivitas penangkapan ikan ilegal, dan intrusi maritim tanpa izin.

(3) Integrasi MSP (*Marine Spatial Planning*) - GIS (*Geographic Information System*) masih kurang berkembang. Integrasi tersebut telah diakui secara teoritis, tetapi integrasi operasional GIS ke dalam proses MSP nasional tidak konsisten, terutama di negara-negara Global Selatan. Banyak negara memiliki kapasitas teknologi tetapi kekurangan kerangka tata kelola dan mandat kelembagaan untuk mengintegrasikan GIS ke dalam instrumen perencanaan maritim mereka.

(4) Negara-negara kepulauan menghadapi tantangan unik yang membutuhkan solusi khusus. Indonesia dan negara-negara kepulauan sejenisnya memerlukan kerangka kerja GIS-MSP yang disesuaikan, yang memperhitungkan kompleksitas geografis, klaim yurisdiksi berlapis, hak maritim masyarakat adat, serta dua tuntutan utama pembangunan dan keamanan.

(5) Teknologi yang sedang berkembang memperluas batas-batas GIS maritim. AI, IoT, drone, dan pertimbangan keamanan siber sedang membentuk kembali lanskap GIS maritim, menuntut kerangka kerja baru yang memperhitungkan kedaulatan data, transparansi algoritmik, dan pengelolaan ruang maritim yang tangguh terhadap ancaman siber.

Otoritas maritim nasional sebaiknya meresmikan penerapan *Geographic Information System (GIS)* dalam Rencana Tata Ruang Laut nasional sebagai instrumen perencanaan wajib, bukan sekadar alat visualisasi opsional. Investasi dalam infrastruktur data geospasial terbuka yang mencontoh program-program seperti Copernicus harus diprioritaskan bagi negara-negara berkembang dan negara kepulauan guna mendemokratisasi akses terhadap alat-alat perencanaan tata ruang laut.

Standar interoperabilitas regional untuk data geospasial maritim harus dikembangkan di dalam ASEAN, khususnya untuk mengatasi tantangan keamanan maritim lintas batas di Laut Cina Selatan dan koridor Kepulauan Indonesia. Penelitian di masa depan harus memprioritaskan: (a) integrasi GIS-MDA secara real-time untuk negara-negara kepulauan; (b) deteksi anomali maritim yang ditingkatkan dengan pembelajaran mesin di jalur/garis khatulistiwa dengan lalu lintas tinggi; dan (c) kerangka kerja hukum-teknis untuk tata kelola data GIS di zona maritim lintas batas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeladhim, N., Alaya, B., & Touati, H. (2026). A comprehensive survey of machine learning-based techniques for anomaly detection in ship behavior within maritime transportation systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.112596>
- Alexandre, C., Devillers, R., Mouillot, D., Seguin, R., & Catry, T. (2024). Ship Detection With SAR C-Band Satellite Images: A Systematic Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1109/jstars.2024.3437187>
- Aprian, M., Adrianto, L., Boer, M., Kurniawan, F., & Setiawan, R. (2025). Institutionalizing Indonesia's Commercial Fisheries: Insights From Fleet Dynamics and Vessel Monitoring Systems. *Fisheries Management and Ecology*. <https://doi.org/10.1111/fme.70041>
- Barale, V., Dusart, J., Assouline, M., & Niceta, F. (2017). European Atlas of the Seas: "a picture is worth a thousand words." *Journal of Coastal Conservation*. <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0560-2>
- Bokau, J. R. K., Young-Soo, P., & Dae-Won, K. (2025). Implementing Buffer Zones Around Nusa Penida Island in the Lombok Strait to Enhance Maritime Safety & Environmental Protection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1461/1/012046>
- Delaney, C., Alessandrini, A., & Greidanus, H. (2016). Using message brokering and data mediation on earth science data to enhance global maritime situational awareness. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/34/1/012005>
- Gohari, A., Ahmad, A. B., & Oloruntobi, O. O. (2023). Recent Drone Applications in Malaysia: An Overview. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxviii-4-w6-2022-131-2023>
- Haris, O. K., Syahbudin, & Yunus, A. (2019). Legal Existence of Local Wisdom for Bajo Fishery Tribe on Indonesian Maritime Border. *Hasanuddin Law Review*. <https://doi.org/10.20956/halrev.v5i1.1727>
- Hossain, K. A. (2025). Latest Technology: Best Choice to Develop Future Navy. *BIMRAD*

- Journal*. <https://doi.org/10.3329/bimradj.v5i1.79601>
- Huang, S., Sun, T., Shi, J., Gong, P., Yang, X., Zheng, J., Zhuang, H., & Ouyang, Q. (2024). Trading Community Analysis of Countries' Roll-On/Roll-Off Shipping Networks Using Fine-Grained Vessel Trajectory Data. *Sensors*, 24(22), 7226. (pub.1182296545). <https://doi.org/10.3390/s24227226>
- Iroanya, R. O., & Simataa, C. (2024). Illegal Fishing and Maritime Security: Historical and Contemporary Challenges in Namibia. *Scientia Militaria: South African Journal of Military Studies*. <https://doi.org/10.5787/52-3-1485>
- Isbaex, C., dos Reis Fernandes Costa, F., & Batista, T. (2025). Application of GIS in the Maritime-Port Sector: A Systematic Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17083386>
- Islam, A., Sadi, S. H., & Shampa, M. T. A. (2026). Smart Ocean: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence-Driven Ocean Monitoring, Forecasting, Exploration and Conservation. *BIMRAD Journal*. <https://doi.org/10.3329/bimradj.v6i1.87345>
- Kalyvas, C., Kokkos, A., & Tzouramanis, T. (2017). A survey of official online sources of high-quality free-of-charge geospatial data for maritime GIS applications. *Information Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.is.2016.11.002>
- Kanjir, U., Greidanus, H., & Ostir, K. (2018). Vessel detection and classification from spaceborne optical images: A literature survey. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.033>
- Li, J., Liu, J., Liu, C., & Jiang, P. (2026). Automated Graph-Based Path Planning for Navigating Maritime Traffic. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/tits.2026.3678113>
- Li, M. L., Ota, Y., Underwood, P. J., Reygondeau, G., & Seto, K. (2021). Tracking industrial fishing activities in African waters from space. *Fish and Fisheries*. <https://doi.org/10.1111/faf.12555>
- Nasr, A. N., Oruc, A., Lugo, R., Zaitseva-Parnaste, I., & Kujala, P. (2026). A Proactive Defense: An Open-Source Intelligence (OSINT) Framework for Maritime Cybersecurity. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/access.2026.3673557>
- Nugraha, A., & Chen, R. L. (2023). The current legal regime of the Indonesian outer small islands. *Griffith Law Review*. <https://doi.org/10.1080/10383441.2024.2362499>
- Rafael, T., Cabral, H., Mourato, J., & Ferrao, J. (2024). Marine spatial planning: A systematic literature review on its concepts, approaches, and tools (2004-2020). *Maritime Studies*. <https://doi.org/10.1007/s40152-023-00349-7>
- Rahmawati, M., Pitana, T., Handani, D. W., & Siswantoro, N. (2025). Utilization of AIS Data and Ship Simulator Integration in Maritime Safety: A Systematic Literature Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1461/1/012049>
- Rahmoun, T., Zhao, W., Hammad, M., & Hassan, M. (2018). Ruralization vs. Urbanization Sprawl as Guiding Regional Planning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/151/1/012033>
- Restrepo-Arias, J. F., Branch-Bedoya, J. W., & Zapata-Cortes, J. (2022). Industry 4.0 Technologies Applied to Inland Waterway Transport: Systematic Literature Review. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22103708>
- Ribeiro, C. V., Paes, A., & de Oliveira, D. (2023). AIS-based maritime anomaly traffic detection: A review. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120561>
- Riveiro, M., Pallotta, G., & Vespe, M. (2018). Maritime anomaly detection: A review. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*.

- <https://doi.org/10.1002/widm.1266>
- Robertson, C., & Horrocks, K. (2017). Spatial Context from Open and Online Processing (SCOOP). *ISPRS International Journal of Geo-Information*. <https://doi.org/10.3390/ijgi6070193>
- Ryan, B. J. (2015). Security spheres: A phenomenology of maritime spatial practices. *Security Dialogue*. <https://doi.org/10.1177/0967010615598049>
- Santos, C. F., Agardy, T., Crowder, L. B., Day, J. C., Himes-Cornell, A., Pinsky, M. L., Reimer, J. M., & Gissi, E. (2024). Ocean Planning and Conservation in the Age of Climate Change: A Roundtable Discussion. *Integrative Organismal Biology*, 6(1), obae037. (pub.1176013984). <https://doi.org/10.1093/iob/obae037>
- Schofield, C. (2021). Geographical Dimensions to Global Oceans Governance. *Geographical Review*. <https://doi.org/10.1080/00167428.2020.1852879>
- Shabbir, Z., Sarosh, A., & Nayyer, M. (2019). Space Technology Applications for Maritime Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance. *Astropolitics*. <https://doi.org/10.1080/14777622.2019.1636634>
- Stoddard, M. A., Etienne, L., Fournier, M., Pelot, R., & Beveridge, L. (2016). Making sense of Arctic maritime traffic using the POLARIS System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/34/1/012034>
- Yan, Z., Shi, K., He, R., Ye, P., & Wang, Y. (2026). A Fine-Grained Behavior Classification Method for Oil Tankers Based on BiLSTM. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2026.100749>
- Zhou, X., Huang, Z., Xia, T., Zhang, X., Duan, Z., Wu, J., & Zhou, Z. (2025). The integrated application of big data and geospatial analysis in maritime transportation safety management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104444>