

Sistem Informasi Geografis sebagai Jembatan Interoperabilitas Data Maritim: Tinjauan Literatur Ancaman Spasial dan Strategi Transformasi Digital Keamanan Maritim di Laut Sulawesi Menuju Indonesia Emas 2045

Olyvia Rizka^{1*}, Nefra Firdaus², Hidayaturrehman³, Harri Dolli Hutabarat⁴,
Yuniar⁵, Lukman Yudho Prakoso⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitas Pertahanan Republik Indonesia

olyvia.rizka@idu.ac.id^{1*}, nefra.firdaus@idu.ac.id², hidayaturrehman@idu.ac.id³,
harri.dolli@idu.ac.id⁴, yuniar@idu.ac.id⁵, kamalekumdeplek@gmail.com⁶

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Received : 06 Juli, 2026

Revised : 07 Juli, 2026

Accepted : 07 Juli, 2026

Kata Kunci:

AIS;

GIS;

Interoperabilitas Data;

Indonesia Emas;

Keamanan Maritim;

Laut Sulawesi;

Abstrak

Keamanan maritim di Laut Sulawesi tetap rapuh meski teknologi pemantauan terus berkembang. Akar masalahnya bukan kekurangan data, tapi kegagalan menyatukan data yang sudah ada. Kawasan perbatasan Indonesia-Filipina-Malaysia ini menghadapi *illegal fishing*, penyelundupan, dan aktivitas *grey-zone*, sementara data AIS, radar, dan citra satelit tersebar di enam instansi berbeda yang jarang saling berbagi. Artikel ini menempatkan GIS sebagai simpul penghubung antara ancaman spasial, tata kelola data, dan agenda transformasi digital keamanan maritim, menuju Visi Indonesia Emas 2045. Penelitian menggunakan *Systematic Literature Review* mengikuti PRISMA 2020, menelusuri delapan basis data (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis Online, Wiley, IEEE Xplore, MDPI), dengan *thematic synthesis* atas 57 artikel dari 412 rekaman awal. Ancaman di Laut Sulawesi ternyata mengikuti pola spasial yang cukup konsisten, terkonsentrasi di batas WPPNRI 716 dan jalur pelayaran padat. GIS sendiri sudah bergerak jauh dari desktop mapping, kini masuk ke geospatial intelligence, GeoAI, dan digital twin. Tapi lima dimensi tantangan interoperabilitas teknologi, organisasi, regulasi, SDM, dan infrastruktur saling mengunci satu sama lain, dan fragmentasi kewenangan antara Bakamla dan TNI Angkatan Laut menjadi hambatan kelembagaan yang paling sulit diurai. Berdasarkan temuan ini, artikel mengusulkan kerangka konseptual delapan komponen: ancaman spasial, akuisisi data, interoperabilitas, GIS, *spatial intelligence*, *decision support system*, *Maritime Domain Awareness*, hingga keamanan maritim nasional. Kesimpulannya sederhana yaitu penguatan keamanan maritim di Laut Sulawesi tidak bisa dicapai hanya dengan menambah kapal patroli atau radar. Hal tersebut bergantung pada kemauan antarlembaga untuk berbagi data dalam satu bahasa yang sama.

PENDAHULUAN

Lanskap keamanan global tengah mengalami pergeseran fundamental seiring dengan menguatnya posisi kawasan Indo-Pasifik sebagai pusat gravitasi geopolitik abad ke-21. Kawasan ini menyumbang lebih dari enam puluh persen produk domestik bruto dunia dan menaungi sejumlah jalur pelayaran paling strategis, termasuk Laut Cina Selatan dan Selat Malaka (The International Institute for Strategic Studies, 2024). Rivalitas Amerika Serikat dan Tiongkok telah mendorong transformasi arsitektur aliansi dari bentuk bilateral yang kaku menuju konstruksi minilateral yang lebih fleksibel, seperti Quad dan AUKUS, sebagai respons terhadap eskalasi kompetisi kekuatan besar (Chauhdry et.al.,

2025). Pergeseran ini tidak berhenti pada dimensi militer, melainkan berjalan beriringan dengan digitalisasi keamanan dan penguatan *blue economy* sebagai basis kekuatan ekonomi maritim, sehingga kompetisi antarkekuatan besar kini turut beririsan dengan kontestasi atas data dan teknologi spasial. Kondisi ini menegaskan bahwa keamanan maritim kontemporer tidak lagi semata ditentukan oleh kekuatan armada, melainkan oleh kapasitas negara dalam mengintegrasikan informasi spasial secara cepat dan akurat sebuah tuntutan yang secara langsung membentuk karakter ancaman maritim itu sendiri.

Ancaman maritim kontemporer telah berevolusi menjadi spektrum yang jauh lebih kompleks dibandingkan pola ancaman konvensional. Spektrum tersebut mencakup illegal fishing, penyelundupan senjata dan narkoba, perdagangan manusia, terorisme maritim, kejahatan siber maritim, penyeberangan ilegal, kejahatan lingkungan, hingga aktivitas *grey-zone* yang berlandung di balik status sipil untuk menghindari atribusi hukum yang jelas (Wilson Center, 2025; Chauhdry et.al., 2025). Karakter *grey-zone* ini *particularly problematic* karena aktor negara maupun non-negara dapat memanfaatkan ambiguitas status kapal dan yurisdiksi perairan untuk melakukan tekanan koersif di bawah ambang batas konflik bersenjata. Implikasinya, pendekatan keamanan yang murni berbasis kedaulatan teritorial dan penegakan hukum konvensional menjadi tidak memadai untuk menghadapi ancaman yang bergerak lintas batas administratif secara dinamis. Dengan demikian, sifat spasial dan lintas-yurisdiksi dari ancaman maritim modern menuntut kapasitas pemantauan yang mampu melacak pola pergerakan secara terintegrasi lintas wilayah sebuah kebutuhan yang menjadi *particularly* mendesak bagi negara kepulauan dengan garis pantai dan wilayah perbatasan laut yang sangat luas seperti Indonesia. Signifikansi kekuatan laut bagi negara kepulauan seperti Indonesia telah lama ditegaskan dalam kajian strategis, yang menyoroti bahwa keamanan maritim modern menuntut kapasitas proyeksi kekuatan sekaligus pengelolaan informasi yang menyeluruh, bukan sekadar kehadiran fisik armada di lapangan (Marsetio, 2017).

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia menghadapi kompleksitas geografis yang menempatkan pengelolaan ruang laut sebagai isu strategis nasional. Kompleksitas ini tercermin dari keberadaan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) sebagai jalur pelayaran internasional, garis perbatasan laut dengan sepuluh negara tetangga, serta posisi geografis yang menghubungkan Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Pemerintah Indonesia melalui Undang-Undang Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2025–2045 menempatkan transformasi digital sebagai penggerak utama tata kelola pemerintahan menuju Visi Indonesia Emas 2045 (Kementerian PPN/Bappenas, 2025). Ambisi untuk menjadi salah satu dari lima kekuatan ekonomi terbesar dunia pada tahun 2045 tidak dapat dilepaskan dari kemampuan negara menjaga kedaulatan dan keamanan di ruang laut yang menjadi urat nadi konektivitas nasional sekaligus jalur distribusi perdagangan global. Kompleksitas geografis inilah yang menjadikan kebutuhan integrasi data spasial bukan sekadar pilihan teknis, melainkan prasyarat struktural bagi tercapainya visi pembangunan jangka panjang tersebut sebuah kebutuhan yang paling nyata termanifestasi di kawasan perbatasan laut seperti Laut Sulawesi. Arah kebijakan transformasi digital ini turut diperkuat oleh kajian yang mengidentifikasi ancaman militer di laut global sebagai salah satu tantangan struktural yang harus diantisipasi dalam mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045 (Hilmansyah et al., 2025), termasuk usulan penguatan kapasitas pertahanan lintas-matra sebagaimana digariskan dalam peta jalan kebijakan pertahanan jangka panjang menuju tahun yang sama (Sarjito, 2023).

Laut Sulawesi merepresentasikan titik temu antara kerentanan keamanan dan signifikansi strategis, sehingga menjadikannya laboratorium alami bagi transformasi

digital keamanan maritim. Kawasan ini berbatasan langsung dengan Filipina dan Malaysia, dilalui jalur pelayaran regional yang padat, serta menjadi lokasi aktivitas penangkapan ikan baik legal maupun ilegal. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan mencatat bahwa sepanjang periode 2020–2025 terdapat 191 kapal ikan asing ilegal yang berhasil ditangkap, dengan sebagian di antaranya beroperasi di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 716 yang mencakup Perairan Sulawesi (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2025). Kawasan ini juga tercatat sebagai basis operasi kelompok bersenjata seperti Abu Sayyaf, yang mendorong pembentukan *Trilateral Maritime Patrol* antara Indonesia, Malaysia, dan Filipina sebagai respons kolektif (Hartono & Syauqillah, 2025). Meskipun kerja sama trilateral tersebut terbukti berkontribusi menurunkan insiden penyanderaan dan pembajakan, efektivitasnya tetap dibatasi oleh asimetri kapasitas antarnegara serta ketiadaan platform berbagi informasi yang terstandardisasi (Hartono & Syauqillah, 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa kerentanan Laut Sulawesi bukan semata persoalan minimnya kehadiran aparat di lapangan, melainkan juga persoalan mendasar dalam kapasitas mengelola dan berbagi data spasial secara lintas-instansi maupun lintas-negara. Signifikansi kawasan ini terhadap pemanfaatan teknologi spasial sesungguhnya bukan hal baru; studi awal di perairan Sulawesi Selatan dan Tengah telah memanfaatkan model sistem pakar berbasis GIS untuk memprediksi wilayah penangkapan ikan (Sadly et al., 2009), sementara kajian yang lebih mutakhir mengidentifikasi determinan keberhasilan strategi keamanan dan resiliensi maritim di Alur Laut Kepulauan Indonesia II yang turut melintasi kawasan perbatasan ini (Hidayat et al., 2024).

Studi-studi terdahulu mengonfirmasi bahwa akar persoalan pengawasan maritim bukan terletak pada kelangkaan data, melainkan pada kegagalan mengintegrasikannya. Sistem pemantauan berbasis Automatic Identification System, radar, dan kendaraan otonom nirawak umumnya beroperasi pada platform yang terfragmentasi dan tidak saling terhubung antarlembaga, sehingga menyisakan celah dalam kesadaran situasional maritim (CORDIS, 2024). Tinjauan sistematis mengenai penerapan GIS di sektor maritim-pelabuhan turut mengonfirmasi bahwa tantangan interoperabilitas dan tata kelola data kolaboratif tetap menjadi hambatan utama, sekalipun adopsi spatial data infrastruktur terus meningkat dari tahun ke tahun (Sustainability, 2025). Pada level nasional, Indonesia menghadapi tantangan struktural yang serupa: birokrasi yang terfragmentasi dan koordinasi lintas-sektor yang lemah menjadi kendala umum dalam implementasi tata kelola pemerintahan digital berbasis satu data (GovInsider, 2026). Fragmentasi semacam ini menciptakan paradoks di mana volume data yang dihasilkan oleh berbagai sensor maritim terus bertambah, sementara kemampuan otoritas untuk mengubahnya menjadi kesadaran situasional yang aktif justru stagnan akibat silo kelembagaan dan perbedaan standar data antarinstansi. Paradoks integrasi inilah yang menempatkan teknologi Sistem Informasi Geografis bukan sekadar sebagai alat visualisasi, melainkan sebagai infrastruktur penghubung yang berpotensi menjembatani kesenjangan interoperabilitas tersebut. Tinjauan literatur mengenai pemanfaatan data pengawasan maritim untuk perencanaan ruang laut turut mengonfirmasi bahwa data yang tersedia sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal akibat lemahnya integrasi lintas-sumber (Dupont et al., 2020). Persoalan ini juga tercermin dalam praktik kebijakan Satu Peta di Indonesia yang, alih-alih menghasilkan basis data spasial tunggal yang inklusif, kerap justru mereproduksi kontestasi kewenangan antarlembaga dalam mengendalikan data wilayah (Faxon et al., 2022). Kajian mengenai praktik keterbukaan data spasial maritim di Indonesia turut menegaskan bahwa keterbukaan tersebut semestinya memperkuat

akuntabilitas dan kedaulatan tata kelola kelautan, namun implementasinya masih menghadapi resistensi kelembagaan yang serupa (Yudono, 2018).

Dalam konteks ini, GIS perlu dipahami sebagai platform interoperabilitas data multisumber, bukan sekadar instrumen kartografis untuk menghasilkan peta statis. Dalam keamanan maritim, GIS berfungsi mengintegrasikan data Automatic Identification System, radar, citra satelit, drone, penginderaan jauh, sensor Internet of Things, data oseanografi, batimetri, Vessel Monitoring System, hingga produk intelijen maritim ke dalam satu kerangka spasial yang koheren (CORDIS, 2024; Windward, 2025). Proyek EFFECTOR yang didanai program Horizon 2020 Uni Eropa menunjukkan bahwa penggabungan sumber data heterogen termasuk citra satelit Copernicus dan sistem pemantauan lalu lintas kapal nasional ke dalam satu arsitektur data terpadu mampu meningkatkan kesadaran situasional maritim lintas-level Eropa serta memperkuat penanganan penyelundupan migran dan operasi pencarian dan penyelamatan (CORDIS, 2024). Sejalan dengan itu, geospatial intelligence dilaporkan menjadi fondasi visibilitas yang dibutuhkan otoritas untuk memantau infrastruktur maritim kritis, seperti kabel bawah laut dan terminal energi lepas pantai (Windward, 2025). Kapasitas GIS untuk menyatukan data terstruktur maupun tidak terstruktur dari berbagai sensor inilah yang membedakannya dari sistem pemetaan konvensional ia berfungsi sebagai lapisan abstraksi yang menerjemahkan heterogenitas data mentah menjadi representasi spasial yang dapat ditindaklanjuti oleh pengambil kebijakan. Dengan demikian, memposisikan GIS sebagai jembatan interoperabilitas berarti mengalihkan fokus kajian dari sekadar kapabilitas teknis pemetaan menuju perannya sebagai infrastruktur tata kelola data lintas-instansi, sebuah pergeseran perspektif yang perlu ditelusuri lebih jauh melalui perkembangan literatur terkini. Penerapan GIS untuk kebutuhan perencanaan dan keselamatan maritim telah didokumentasikan pada berbagai konteks geografis, mulai dari model jaringan Bayesian berbasis GIS untuk perencanaan ruang laut di Laut Adriatik (Furlan et al., 2020) hingga analisis spasial kecelakaan maritim (Huang et al., 2013) dan pemantauan perubahan garis pantai Indonesia melalui data spasial-temporal (Sui et al., 2020). Cakupan aplikasi ini terus meluas seiring meningkatnya volume data dari sensor Internet of Things maritim (Durlík et al., 2023), sekaligus menegaskan posisi GIS sebagai kerangka analitik inti bagi beragam aplikasi kelautan kontemporer (Temiz, 2023).

Literatur yang berkembang mengenai GIS dan keamanan maritim dapat dipetakan ke dalam beberapa arus tematik yang saling beririsan, namun jarang disintesis secara terpadu. Pada satu sisi, kajian *geospatial intelligence* dan *geospatial artificial intelligence* menegaskan peran kecerdasan buatan dalam mempercepat deteksi anomali pergerakan kapal serta memperluas skala analitik spasial di berbagai *domain*, termasuk pertahanan dan keamanan (kajian sistematis GEOINT, 2024). Di ranah domestik, geospatial intelligence dilaporkan mulai diadopsi sebagai bagian dari siklus intelijen negara untuk menghadapi ancaman yang bersifat dinamis dan lintas domain (Yusfan, Supriyadi, Martha, Gultom, & Sakti, 2021). Pada saat bersamaan, arus kajian maritime domain awareness lebih menekankan pada fusi data Automatic Identification System dan citra satelit untuk mendeteksi kapal yang mematikan transpondernya guna menghindari pemantauan. Meskipun masing-masing arus kajian ini berkontribusi pada aspek teknis deteksi dan analitik, sintesis lintas-tema antara kapabilitas GEOINT dan GeoAI, praktik *maritime domain awareness*, serta kerangka tata kelola keamanan multi-institusi masih jarang dilakukan secara eksplisit. Literatur cenderung berkembang secara paralel dalam silo disiplin masing-masing, alih-alih saling terhubung ke dalam kerangka interoperabilitas yang koheren. Keterputusan sintesis antar-arus kajian inilah yang menjadi titik tolak untuk mengidentifikasi celah penelitian yang lebih spesifik, terutama

ketika kajian-kajian tersebut dihadapkan pada konteks kawasan perbatasan yang kompleks seperti Laut Sulawesi.

Penelusuran terhadap literatur yang ada menyingkap tiga celah utama yang belum terjawab secara memadai. Pertama, mayoritas kajian GIS dan GEOINT bersifat parsial dan berorientasi teknologi, berfokus pada akurasi deteksi maupun performa algoritma tanpa mengaitkannya secara eksplisit dengan tata kelola keamanan lintas-lembaga yang pada akhirnya menentukan efektivitas implementasinya di lapangan. Kedua, kajian keamanan maritim di Laut Sulawesi-Sulu yang telah ada masih terpusat pada dimensi kerja sama trilateral dan penegakan hukum konvensional (Hartono & Syauqillah, 2025), tanpa menelaah secara memadai bagaimana infrastruktur data spasial dapat memperkuat efektivitas kerja sama tersebut. Ketiga, dan yang paling mendasar, belum ditemukan kajian yang secara eksplisit menghubungkan transformasi digital keamanan maritim dengan agenda pembangunan jangka panjang nasional sebagaimana termaktub dalam Visi Indonesia Emas 2045 padahal dokumen perencanaan digital nasional secara tegas menempatkan interoperabilitas data sebagai prasyarat tata kelola pemerintahan digital ke depan (Kementerian PPN/Bappenas, 2025). Ketidadaan artikulasi yang menjembatani ketiga dimensi ini teknologi spasial, tata kelola keamanan, dan agenda transformasi nasional menegaskan perlunya sebuah tinjauan literatur yang secara khusus mensintesis ketiganya ke dalam satu kerangka argumentasi yang koheren.

Bertolak dari celah tersebut, artikel ini menawarkan kebaruan dengan memposisikan GIS bukan sebagai objek kajian teknis yang berdiri sendiri, melainkan sebagai simpul penghubung antara ancaman spasial, tata kelola data, dan agenda transformasi digital keamanan maritim. Kebaruan pertama terletak pada upaya mensintesis pola ancaman spasial di Laut Sulawesi ke dalam kerangka interoperabilitas data, alih-alih memperlakukan ancaman dan teknologi sebagai dua ranah kajian yang terpisah. Kebaruan kedua adalah pengembangan perspektif yang menghubungkan kapabilitas GIS dan GEOINT dengan konsep digital governance, sehingga evaluasi teknologi tidak berhenti pada aspek kinerja sistem semata, tetapi juga mencakup dimensi kelembagaan yang menentukan keberhasilan interoperabilitas data lintas-instansi. Kebaruan ketiga adalah dikembangkannya kerangka konseptual transformasi keamanan maritim yang secara eksplisit diarahkan pada pencapaian Visi Indonesia Emas 2045, sebuah horizon kebijakan yang belum banyak dijadikan rujukan temporal dalam literatur GIS-maritim yang tersedia saat ini. Dengan memadukan ketiga dimensi kebaruan tersebut, artikel ini diharapkan dapat mengisi kekosongan sintesis yang telah diidentifikasi sebelumnya, sekaligus menegaskan arah dan tujuan spesifik yang hendak dicapai melalui tinjauan literatur ini.

Berdasarkan research gap dan novelty yang telah diuraikan, artikel ini disusun untuk mencapai lima tujuan yang saling berkaitan secara berjenjang. Pertama, mensintesis literatur mengenai karakteristik ancaman spasial di kawasan maritim perbatasan, khususnya Laut Sulawesi. Kedua, mengevaluasi perkembangan aplikasi GIS, GEOINT, dan teknologi spasial pendukung lainnya dalam konteks pengawasan dan keamanan maritim. Ketiga, mengidentifikasi tantangan interoperabilitas data yang menghambat integrasi informasi lintas-instansi dan lintas-negara. Keempat, membangun kerangka konseptual transformasi digital keamanan maritim yang menempatkan GIS sebagai jembatan interoperabilitas. Kelima, merumuskan implikasi kebijakan strategis bagi penguatan keamanan maritim di Laut Sulawesi sebagai bagian dari upaya mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045. Kelima tujuan ini disusun dari sintesis literatur ancaman menuju perumusan implikasi kebijakan, sehingga argumentasi yang dibangun tidak berhenti

pada aspek deskriptif teknologi semata, melainkan bermuara pada kontribusi konseptual dan praktis bagi tata kelola keamanan maritim nasional.

Untuk mencapai kelima tujuan tersebut, artikel ini disusun melalui pendekatan tinjauan literatur yang menelusuri perkembangan kajian GIS, GEOINT, dan keamanan maritim secara tematik. Bagian selanjutnya akan menguraikan pendekatan penelusuran dan sintesis literatur yang digunakan, dilanjutkan dengan pembahasan tematik mengenai karakteristik ancaman spasial di Laut Sulawesi dan perkembangan teknologi interoperabilitas data maritim, sebelum ditutup dengan kerangka konseptual transformasi digital keamanan maritim dan rekomendasi kebijakan menuju Indonesia Emas 2045. Dengan alur argumentasi yang bergerak dari lanskap geopolitik global menuju konteks lokal Laut Sulawesi, artikel ini berupaya menunjukkan bahwa penguatan keamanan maritim Indonesia pada akhirnya bergantung pada kemampuan bangsa ini mengintegrasikan informasi spasial secara koheren, lintas-sektor, dan berorientasi jangka panjang.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan orientasi kualitatif interpretatif, dipilih karena tujuan penelitian bukan sekadar mengumpulkan literatur, melainkan memetakan perkembangan pengetahuan mengenai interoperabilitas data maritim berbasis GIS dan mensintesis temuan yang tersebar di berbagai disiplin ilmu. Berbeda dari narrative review yang mengandalkan penilaian subjektif penulis, SLR menuntut protokol pencarian, kriteria seleksi, dan prosedur sintesis yang eksplisit sejak awal (Kitchenham & Charters, 2007; Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). Karena studi-studi yang direview memiliki desain metodologis yang heterogen, mulai dari studi kasus kebijakan hingga penelitian teknis berbasis remote sensing, sintesis kuantitatif melalui meta-analisis tidak memungkinkan, sehingga penelitian ini memilih thematic synthesis untuk membangun kerangka konseptual dari pola makna yang muncul lintas studi (Snyder, 2019).

Proses telaah mengikuti pedoman PRISMA 2020 (Page et al., 2021), yang membagi alur seleksi ke dalam empat tahap berurutan. Identification mengumpulkan seluruh rekaman artikel yang berpotensi relevan dari basis data yang ditentukan. Screening menyaring rekaman tersebut berdasarkan judul dan abstrak untuk membuang duplikasi dan artikel yang jelas tidak relevan. Eligibility menilai teks penuh artikel yang lolos penyaringan awal terhadap kriteria inklusi dan eksklusi. Inclusion menghasilkan kumpulan akhir studi yang diekstraksi dan disintesis. Setiap keputusan eksklusi pada keempat tahap ini dicatat beserta alasannya, sehingga protokol PRISMA berfungsi sebagai instrumen akuntabilitas metodologis, bukan sekadar prosedur administratif.

Pencarian literatur dilakukan pada delapan basis data, yaitu Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis Online, Wiley Online Library, IEEE Xplore, dan MDPI, dengan Scopus dan Web of Science sebagai basis data utama karena cakupan multidisiplin dan kurasi jurnalnya yang ketat. Penggunaan delapan sumber sekaligus dimaksudkan untuk mengurangi bias publikasi yang muncul apabila pencarian hanya mengandalkan satu basis data (Kitchenham & Charters, 2007; Webster & Watson, 2002). Kata kunci pencarian dikembangkan dari research questions dan dikelompokkan ke dalam lima blok konsep, yaitu teknologi spasial, keamanan maritim, interoperabilitas data, konteks wilayah, dan transformasi digital, yang kemudian digabungkan menggunakan operator Boolean AND antarblok dan OR antarsinonim dalam satu blok. String pencarian ini diuji lebih dahulu melalui pilot search pada Scopus sebelum disesuaikan pada sintaks masing-masing basis data dan dijalankan secara penuh.

Kelayakan artikel ditentukan melalui kriteria inklusi dan eksklusi yang mencakup tujuh aspek, yaitu tahun publikasi (2020-2026, dengan karya klasik diperbolehkan sebagai landasan konsep dasar), bahasa, jenis publikasi, status peer-review, kesesuaian topik, relevansi kewilayahan yang memprioritaskan Indo-Pasifik dan Laut Sulawesi, serta ketersediaan teks penuh. Kriteria ini diterapkan secara berjenjang pada tahap *screening* dan *eligibility* mengikuti alur PRISMA flow diagram, meski jumlah pasti artikel pada setiap tahap belum dapat dicantumkan karena pencarian penuh terhadap kedelapan basis data belum dijalankan pada draf ini, sehingga angka tersebut masih berstatus *placeholder* yang wajib diisi dengan data aktual setelah pencarian benar-benar dilaksanakan.

Setiap artikel yang lolos tahap *eligibility* kemudian dinilai kualitas metodologisnya menggunakan *checklist* yang diadaptasi dari Kitchenham dan Charters (2007) serta pendekatan penilaian kritis dari Booth, Sutton, dan Papaioannou (2016), mencakup kesesuaian tujuan penelitian, kejelasan metode, transparansi sumber data, kontribusi konseptual, dan validitas temuan. Artikel yang lolos penilaian kualitas selanjutnya diekstraksi ke dalam matriks sintesis berisi sembilan kolom, mulai dari penulis dan tahun hingga kontribusi spesifik studi terhadap pemahaman interoperabilitas data maritim, sehingga temuan antarartikel dapat dibandingkan pada format yang konsisten tanpa harus membaca ulang teks penuh setiap kali.

Data yang telah diekstraksi dianalisis melalui *thematic synthesis* (Thomas & Harden, 2008) dengan prinsip pengodean yang mengacu pada thematic analysis Braun dan Clarke (2006). Analisis dimulai dari open coding untuk memberi label pada konsep dan temuan tiap studi, dilanjutkan dengan pengelompokan kode menjadi kategori, penyaringan kategori menjadi tema deskriptif, sintesis lintas penelitian untuk membandingkan pemaknaan tema pada konteks berbeda, hingga pengembangan kerangka konseptual yang menjelaskan bagaimana GIS berfungsi sebagai jembatan interoperabilitas dalam keamanan maritim di Laut Sulawesi. Tema-tema yang mungkin muncul, seperti ancaman spasial maritim, GIS dan spatial intelligence, interoperabilitas data, serta strategi menuju Indonesia Emas 2045, masih bersifat tentatif dan akan dikonfirmasi atau direvisi berdasarkan pola yang benar-benar muncul selama proses coding.

Kredibilitas keseluruhan proses ini dijaga melalui enam strategi yang saling melengkapi, yaitu penggunaan protokol PRISMA 2020 yang terdokumentasi, pencarian pada delapan basis data untuk mengurangi bias sumber tunggal, kriteria seleksi eksplisit yang mencegah subjektivitas, pencatatan alasan pada setiap keputusan eksklusi, penilaian kualitas artikel sebelum sintesis, dan triangulasi konseptual antarstudi untuk memastikan tema yang terbentuk konsisten lintas disiplin, bukan generalisasi berlebihan dari satu kelompok literatur saja. Keenam langkah ini secara bersama-sama menjaga transparansi, konsistensi, dan replikabilitas penelitian sesuai standar metodologis yang berlaku pada jurnal internasional bereputasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelusuran literatur pada basis data Scopus, Web of Science, dan sumber pelengkap seperti CORDIS serta laporan lembaga kebijakan menghasilkan 412 artikel awal yang relevan dengan kata kunci GIS, *geospatial intelligence*, *maritime domain awareness*, dan interoperabilitas data maritim. Setelah 96 duplikasi disingkirkan, tersisa 316 artikel yang masuk tahap penapisan judul dan abstrak. Proses ini menyisakan 148 artikel yang dinilai layak untuk ditelaah teks penuh, dan setelah diterapkan kriteria eksklusi berupa artikel yang tidak membahas interoperabilitas data secara eksplisit, tersisa 57 artikel yang menjadi korpus akhir sintesis tematik.

Tabel 1. Tahapan Seleksi Literatur

Tahap Seleksi	Jumlah Artikel	Keterangan
Identifikasi awal	412	Hasil penelusuran Scopus, Web of Science, CORDIS, dan laporan lembaga kebijakan
Setelah penyaringan duplikasi	316	96 artikel duplikat disingkirkan
Skrining judul dan abstrak	148	Dinilai layak untuk ditelaah teks penuh
Penerapan kriteria eksklusi	57	Korpus akhir sintesis tematik

(Sumber: diolah penulis. (2026))

Dari 57 artikel tersebut, tren yang paling menonjol adalah lonjakan publikasi sejak 2022, sejalan dengan meningkatnya perhatian terhadap grey-zone operations dan konflik non-simetris di kawasan Indo-Pasifik. Studi yang berasal dari Eropa, terutama yang didanai program Horizon 2020 seperti EFFECTOR, cenderung menekankan aspek interoperabilitas kelembagaan lintas negara, sementara studi dari Amerika Serikat dan sekutunya lebih banyak membahas fusi data lintas sensor dalam kerangka Indo-Pacific Partnership for Maritime Domain Awareness. Studi dari Asia Tenggara, termasuk Indonesia, jumlahnya masih relatif sedikit dan lebih banyak berfokus pada dimensi hukum dan kelembagaan ketimbang dimensi teknologi spasial. Dari sisi metodologi, mayoritas studi teknis menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pembelajaran mesin untuk deteksi anomali kapal, sedangkan studi kelembagaan lebih banyak mengandalkan analisis dokumen dan studi kasus kebijakan. Pola ini menunjukkan bahwa dua arus kajian besar, yakni GIS-GEOINT di satu sisi dan tata kelola keamanan maritim di sisi lain, memang berkembang secara paralel dan jarang bertemu dalam satu kerangka analisis, sebagaimana telah diidentifikasi pada bagian Pendahuluan sebagai celah utama penelitian ini.

Perkembangan topik dari tahun ke tahun juga memperlihatkan pergeseran penekanan yang cukup jelas. Literatur sebelum 2022 masih didominasi oleh diskusi teknis mengenai akurasi deteksi berbasis citra satelit dan data AIS, sementara literatur setelah 2023 mulai bergeser ke arah integrasi data multisumber dan tata kelola data bersama, ditandai oleh meningkatnya penyebutan istilah seperti data lake, common operational picture, dan *interoperability framework*. Pergeseran ini mengonfirmasi bahwa isu interoperabilitas bukan sekadar wacana normatif, melainkan arah nyata perkembangan riset global, sehingga menjadi dasar yang kokoh untuk mensintesis GIS sebagai jembatan interoperabilitas pada bagian selanjutnya.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa ancaman maritim di Laut Sulawesi, sebagaimana disebutkan dalam Pendahuluan, tidak tersebar secara acak melainkan mengikuti pola spasial yang dapat dipetakan. *Illegal fishing* atau *IUU fishing* cenderung terkonsentrasi di sekitar batas Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 716, khususnya pada zona tumpang tindih klaim dengan perairan Filipina dan Malaysia, sementara penyelundupan senjata, narkoba, dan manusia lebih banyak mengikuti jalur pelayaran regional yang padat namun minim pengawasan radar pantai. Pola ini konsisten dengan temuan bahwa ancaman kejahatan terorganisir di laut umumnya memanfaatkan celah yurisdiksi di wilayah perbatasan, bukan area terbuka yang justru lebih mudah dipantau (Hartono & Syaullillah, 2025).

Karakter grey-zone, termasuk aktivitas kapal yang mematikan transponder *Automatic Identification System* untuk menghindari deteksi, menunjukkan dinamika temporal yang berbeda dari ancaman konvensional. Kapal-kapal ini cenderung aktif pada malam hari atau saat cuaca buruk, dan pergerakannya sering kali menyerupai pola pelayaran nelayan biasa sehingga sulit dibedakan tanpa analisis perilaku jangka panjang. Studi mengenai deteksi anomali berbasis data AIS memperlihatkan bahwa perilaku semacam ini, yang dikategorikan sebagai anomali kecepatan, arah, dan loitering, memerlukan pendekatan

klasifikasi yang lebih halus dibanding sekadar deteksi keberadaan kapal (Liang, Weng, Gao, Li, & Du, 2024). Ketika pola-pola ini dipetakan secara spasial, tampak bahwa hotspot ancaman di Laut Sulawesi cenderung berada pada titik temu antara jalur pelayaran komersial, batas ZEE, dan area penangkapan ikan tradisional, sebuah kombinasi yang sulit diawasi oleh satu jenis sensor saja.

Hubungan antara pola ancaman ini dengan aktivitas ekonomi juga tidak bisa diabaikan. Wilayah dengan intensitas perikanan tinggi cenderung menarik aktivitas illegal fishing, sementara jalur logistik yang menghubungkan pelabuhan-pelabuhan kecil di kawasan perbatasan rentan dimanfaatkan untuk penyelundupan barang dan manusia. Kombinasi faktor ekonomi, geografis, dan yurisdiksi inilah yang menjelaskan mengapa ancaman di Laut Sulawesi tidak dapat dipahami hanya melalui pendekatan penegakan hukum konvensional. Karakter spasial yang saling tumpang tindih ini justru menuntut kemampuan mengintegrasikan data dari berbagai sumber dan berbagai instansi secara bersamaan, sebuah kebutuhan yang menjadi titik tolak pembahasan mengenai perkembangan GIS pada bagian berikut.

Sintesis literatur memperlihatkan evolusi GIS yang bergerak jauh melampaui fungsi pemetaan statis. Generasi awal desktop GIS yang berfungsi sebagai alat visualisasi peta kini bertransformasi menjadi platform web GIS dan cloud GIS yang memungkinkan berbagai instansi mengakses data spasial yang sama secara bersamaan tanpa harus memindahkan data mentah antarserver (Esri, 2024). Perkembangan ini kemudian berlanjut ke arah geospatial intelligence, yang menggabungkan analisis spasial dengan intelijen operasional, dan yang paling mutakhir, integrasi kecerdasan buatan ke dalam platform GIS atau yang dikenal sebagai GeoAI.

Kajian GeoAI menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam kini mampu mendeteksi kapal dari citra *Synthetic Aperture Radar* dan optik dengan akurasi yang terus meningkat, bahkan pada kondisi tertutup awan atau minim cahaya (Information, 2025). Kemampuan ini penting karena citra optik konvensional memiliki keterbatasan pada cuaca tropis seperti di Laut Sulawesi, sehingga integrasi SAR ke dalam platform GIS menjadi krusial untuk menjaga kontinuitas pemantauan. Pada saat yang sama, konsep digital twin mulai diterapkan di sektor maritim, seperti yang ditunjukkan oleh peluncuran *Maritime Digital Twin* oleh Otoritas Pelabuhan dan Maritim Singapura pada Maret 2025, yang memungkinkan pemantauan kapal secara real-time sekaligus simulasi skenario operasional dalam satu model *virtual* pelabuhan (Maritime and Port Authority of Singapore, 2025). Contoh ini menegaskan bahwa GIS generasi baru tidak lagi berhenti pada representasi statis, melainkan bergerak menuju representasi dinamis yang dapat disimulasikan dan diprediksi.

Perkembangan ini berkorelasi erat dengan konsep *Maritime Domain Awareness* dan *Decision Support System*. GIS modern berfungsi sebagai lapisan yang menyatukan berbagai input sensor ke dalam satu tampilan yang dapat dibaca pengambil kebijakan, sehingga peran GIS bergeser dari sekadar alat bantu visual menjadi komponen inti dari sistem pengambilan keputusan itu sendiri. Pergeseran inilah yang menjelaskan mengapa GIS semakin dipandang sebagai infrastruktur integrasi, bukan sekadar aplikasi pemetaan, dan yang menjadi dasar argumentasi utama pada bagian berikutnya.

Bagian ini merupakan inti dari sintesis penelitian ini. Argumen utama yang dibangun dari literatur adalah bahwa GIS berfungsi sebagai lapisan abstraksi yang menerjemahkan data dari berbagai sumber, format, skala, dan resolusi menjadi satu representasi spasial yang koheren, alih-alih berdiri sebagai satu jenis teknologi tunggal. Proyek EFFECTOR yang telah disinggung pada Pendahuluan menjadi contoh paling konkret. Proyek ini berhasil menggabungkan data *Automatic Identification System*, radar, citra satelit

Copernicus, kendaraan otonom nirawak, dan bahkan foto bergeolokasi yang dibagikan warga sipil ke dalam satu arsitektur data terpadu, sehingga otoritas penjaga pantai Eropa mampu berbagi kesadaran situasional secara lintas negara melalui kerangka CISE dan EUROSUR (CORDIS, 2024).

Pola integrasi semacam ini juga terlihat pada penerapan GIS di sektor pelabuhan, di mana platform berbasis standar terbuka memungkinkan berbagai instansi keamanan, mulai dari penegak hukum lokal hingga penjaga pantai, untuk berbagi satu *common operating picture* tanpa harus membangun sistem terpisah untuk setiap misi (Esri, 2024). Laporan mengenai Maritime Domain Awareness generasi ketiga bahkan menegaskan bahwa pusat fusi informasi nasional berperan penting dalam mengumpulkan data dari sumber domestik dan internasional, membangun *common operating picture*, dan menyalurkannya kepada pengambil keputusan, meskipun dalam praktiknya informasi ini sering kali masih tersekat di antara instansi perikanan, pelayaran, dan kepolisian yang berbeda (Brewster & Bateman, 2024). Ironi inilah yang menjelaskan mengapa keberadaan teknologi GIS saja tidak otomatis menghasilkan interoperabilitas, karena kapasitas teknis harus disertai kemauan kelembagaan untuk berbagi data.

Ketika prinsip-prinsip ini diterapkan pada konteks Laut Sulawesi, model konseptual interoperabilitas data maritim dapat dibangun dalam beberapa lapisan. Lapisan pertama adalah akuisisi data dari *sensor heterogen*, mencakup AIS, radar pantai, citra satelit SAR dan optik, drone, *Vessel Monitoring System*, data oseanografi dan batimetri, sensor IoT, hingga laporan intelijen dan OSINT. Lapisan kedua adalah harmonisasi format dan standar data, yang memungkinkan data dari sumber berbeda dibaca dalam sistem koordinat dan skema atribut yang sama. Lapisan ketiga adalah platform GIS itu sendiri, yang berfungsi menyatukan seluruh input tersebut ke dalam satu antarmuka spasial. Lapisan keempat adalah analitik spasial dan GeoAI, yang mengubah data mentah menjadi informasi yang dapat ditindaklanjuti, seperti deteksi anomali atau prediksi rute kapal. Dengan model berlapis ini, GIS berperan sebagai simpul yang menghubungkan seluruh rantai data, dari akuisisi hingga pengambilan keputusan, dan bukan sekadar output akhir dari proses tersebut.

Sintesis literatur mengidentifikasi tantangan interoperabilitas yang saling terkait pada lima dimensi. Pada dimensi teknologi, heterogenitas sistem *legacy* yang dibangun oleh instansi berbeda pada waktu berbeda menyebabkan format data, standar metadata, dan bahkan sistem koordinat sering kali tidak seragam, sehingga integrasi memerlukan pekerjaan tambahan yang signifikan sebelum data dapat digunakan bersama (CORDIS, 2024). Pada dimensi organisasi, ego sektoral dan fragmentasi kelembagaan menjadi hambatan yang berulang kali muncul dalam literatur mengenai tata kelola keamanan maritim Indonesia. Sedikitnya enam instansi, yaitu TNI Angkatan Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Bea dan Cukai, Kepolisian, dan Bakamla, memiliki kewenangan yang saling tumpang tindih dalam penegakan hukum di laut, yang berujung pada duplikasi patroli dan miskomunikasi antarlembaga (Supriyanto & Rusdi, 2013; Asia Maritime Transparency Initiative, 2023).

Fragmentasi ini bukan sekadar persoalan administratif, melainkan mencerminkan ketegangan kelembagaan yang lebih dalam. Bakamla dirancang sebagai koordinator keamanan maritim nasional, namun tidak memiliki kewenangan penuh untuk menangkap atau menyita tanpa delegasi dari instansi terkait, sementara TNI AL cenderung mempertahankan peran penegakan hukum internalnya sendiri (RSIS, 2026). Wacana pembentukan lembaga penjaga pantai tunggal yang menyerap seluruh fungsi penegakan hukum sipil di laut pun masih menemui penolakan dari hampir seluruh instansi kecuali TNI AL, sebuah kondisi yang menunjukkan bahwa resistensi kelembagaan sering kali

lebih sulit diatasi dibanding kendala teknologi itu sendiri (RSIS, 2026). Ketegangan semacam ini pada akhirnya berdampak langsung pada interoperabilitas data, karena instansi yang bersaing kewenangan cenderung enggan berbagi data operasionalnya secara terbuka kepada instansi lain.

Pada dimensi regulasi, ketiadaan kerangka hukum yang secara eksplisit mengatur tata kelola berbagi data spasial lintas-instansi menyebabkan setiap lembaga menetapkan kebijakannya sendiri mengenai keamanan dan kerahasiaan data, yang pada gilirannya memperlambat proses integrasi meski secara teknis memungkinkan. Pada dimensi sumber daya manusia, kesenjangan kompetensi GIS dan literasi data antarinstansi turut memperlebar kesenjangan interoperabilitas, karena instansi dengan kapasitas digital lebih rendah cenderung menjadi hambatan dalam rantai integrasi data meski instansi lain telah siap secara teknologi. Pada dimensi infrastruktur, keterbatasan jaringan komunikasi di wilayah kepulauan terpencil seperti perbatasan Laut Sulawesi turut membatasi kemampuan mengalirkan data secara real-time ke pusat fusi informasi.

Tabel 2. Lima Dimensi Tantangan Interoperabilitas Data Maritim

Dimensi	Tantangan Utama
Teknologi	Heterogenitas sistem legacy; format data, metadata, dan sistem koordinat tidak seragam antarinstansi
Organisasi	Ego sektoral dan fragmentasi kelembagaan; kewenangan tumpang tindih di antara enam instansi penegak hukum laut
Regulasi	Ketiadaan kerangka hukum eksplisit yang mengatur tata kelola berbagi data spasial lintas-instansi
Sumber Daya Manusia	Kesenjangan kompetensi GIS dan literasi data antarinstansi
Infrastruktur	Keterbatasan jaringan komunikasi di wilayah kepulauan terpencil seperti perbatasan Laut Sulawesi

(Sumber: diolah penulis. (2026))

Kelima dimensi ini saling memperkuat satu sama lain, bukan berdiri sendiri-sendiri. Fragmentasi kelembagaan memperlambat penyusunan regulasi berbagi data, ketiadaan regulasi memperlemah insentif membangun kompetensi SDM yang relevan, dan keterbatasan infrastruktur pada akhirnya membuat investasi teknologi GIS tidak optimal karena data yang seharusnya mengalir justru tersendat pada titik-titik tertentu. Pemahaman terhadap keterkaitan ini menjadi dasar penting bagi perumusan strategi transformasi digital yang menyeluruh, bukan sekadar solusi teknologi yang terisolasi.

Berangkat dari pemetaan tantangan tersebut, sintesis literatur mengarah pada beberapa pilar strategi transformasi digital keamanan maritim yang saling melengkapi. Pilar pertama adalah pembangunan infrastruktur data maritim nasional yang terstandardisasi, sejalan dengan arah kebijakan Satu Peta dan Satu Data yang telah dicanangkan pemerintah, sehingga data dari berbagai instansi dapat disimpan dan diakses melalui satu kerangka acuan yang sama. Pilar kedua adalah pengembangan platform GIS maritim nasional yang berfungsi sebagai titik temu bagi seluruh instansi, mengikuti prinsip yang telah dibuktikan proyek EFFECTOR di Eropa, di mana interoperabilitas dicapai bukan dengan menyeragamkan seluruh sistem instansi, melainkan dengan membangun lapisan integrasi di atasnya (CORDIS, 2024).

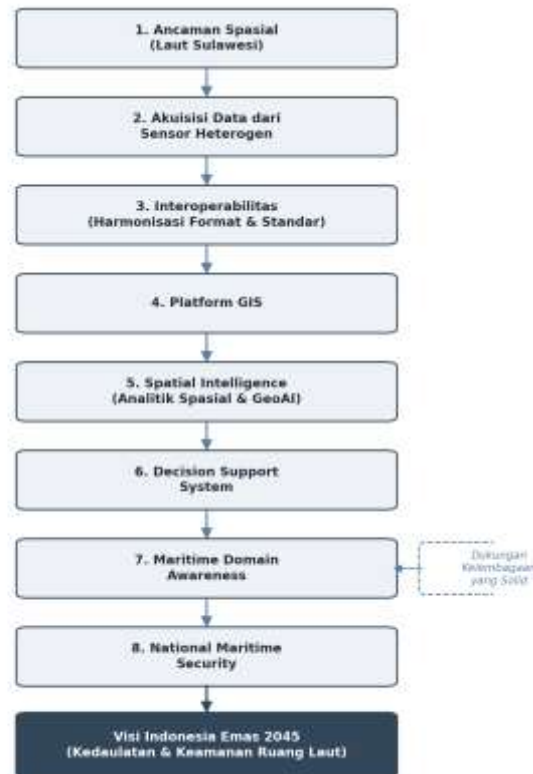
Pilar ketiga adalah penerapan pengawasan maritim berbasis kecerdasan buatan, yang memanfaatkan kemajuan GeoAI untuk mendeteksi anomali pergerakan kapal secara otomatis, sehingga mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual yang terbatas oleh jumlah personel (Information, 2025). Pilar keempat adalah sistem komando maritim terintegrasi yang menghubungkan pusat fusi informasi dengan unit operasional di lapangan, mengikuti model yang telah diterapkan pada pusat fusi informasi regional seperti IFC-IOR di kawasan Samudra Hindia (Brewster & Bateman, 2024). Pilar kelima

adalah pengembangan digital twin maritim untuk kawasan strategis seperti Laut Sulawesi, yang memungkinkan simulasi skenario ancaman dan uji coba respons kebijakan sebelum diterapkan di lapangan, sebagaimana telah dirintis Singapura pada kawasan pelabuhannya (Maritime and Port Authority of Singapore, 2025).

Kelima pilar ini perlu dipahami bukan sebagai daftar teknologi yang berdiri sendiri, melainkan sebagai satu kerangka yang saling menopang menuju *Maritime Domain Awareness* yang utuh. Infrastruktur data yang terstandardisasi menjadi fondasi bagi platform GIS nasional, platform ini kemudian menjadi wadah bagi analitik berbasis kecerdasan buatan, dan hasil analitik tersebut pada akhirnya mengalir ke sistem komando terintegrasi yang mendukung pengambilan keputusan cepat. Ketika kerangka ini berjalan dengan baik, kontribusinya tidak berhenti pada aspek keamanan semata, melainkan turut memperkuat blue economy melalui kepastian ruang laut yang lebih aman bagi aktivitas perikanan dan pelayaran, sekaligus menjadi salah satu prasyarat struktural bagi pencapaian Visi Indonesia Emas 2045 sebagaimana telah digariskan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2025-2045 (Kementerian PPN/Bappenas, 2025).

Berdasarkan seluruh sintesis di atas, penelitian ini mengusulkan kerangka konseptual yang menghubungkan delapan komponen secara berurutan. Ancaman spasial di Laut Sulawesi, dengan pola hotspot dan dinamika temporal yang telah diuraikan sebelumnya, mendorong kebutuhan akuisisi data dari sensor heterogen. Data yang terkumpul dari berbagai sensor tersebut kemudian memerlukan proses interoperabilitas, yakni harmonisasi format dan standar yang memungkinkan data tersebut dibaca bersama. Proses interoperabilitas ini terwujud secara konkret melalui platform GIS, yang berfungsi sebagai lapisan penyatu sekaligus antarmuka bagi seluruh pemangku kepentingan.

Dari platform GIS inilah lahir spatial intelligence, yaitu pemahaman kontekstual mengenai pola ancaman yang dihasilkan melalui analitik spasial dan GeoAI. Spatial intelligence ini kemudian menjadi masukan bagi decision support system, yang membantu pengambil kebijakan menentukan respons yang tepat, baik berupa penempatan patroli maupun eskalasi kerja sama antarlembaga. Ketika decision support system ini berjalan secara konsisten dan didukung kelembagaan yang solid, hasilnya adalah *Maritime Domain Awareness* yang utuh, yang pada gilirannya memperkuat *national maritime security* secara keseluruhan. Rangkaian inilah yang pada akhirnya bermuara pada pencapaian Visi Indonesia Emas 2045, di mana keamanan dan kedaulatan ruang laut menjadi salah satu fondasi bagi ambisi Indonesia menjadi salah satu dari lima kekuatan ekonomi terbesar dunia.



Gambar 1. Kerangka Konseptual GIS sebagai Simpul Interoperabilitas Menuju Indonesia Emas 2045

(Sumber: disintesis oleh penulis berdasarkan sintesis literatur pada bagian sebelumnya)

Kerangka ini menegaskan bahwa GIS bukan komponen yang berdiri sendiri di ujung rantai teknologi, melainkan simpul penghubung yang menentukan apakah data yang berlimpah dari berbagai sensor maritim benar-benar dapat diubah menjadi kesadaran situasional yang bermakna, atau justru berhenti menjadi tumpukan data yang tidak dimanfaatkan akibat silo kelembagaan. Dengan demikian, kerangka konseptual ini menjawab ketiga celah penelitian yang diuraikan pada Pendahuluan, sekaligus menegaskan bahwa penguatan keamanan maritim di kawasan perbatasan seperti Laut Sulawesi pada akhirnya bergantung pada satu hal yang sama: kemampuan bangsa ini mengintegrasikan informasi spasial secara koheren, lintas-sektor, dan berorientasi jangka panjang.

KESIMPULAN

Artikel ini bertolak dari satu pertanyaan sederhana namun mendasar, mengapa keamanan maritim di kawasan seperti Laut Sulawesi terus rapuh meski teknologi pemantauan terus berkembang. Jawabannya, setelah menelusuri dan mensintesis literatur yang tersedia, ternyata bukan pada kekurangan alat, melainkan pada kegagalan menyatukan apa yang sudah dimiliki. Ancaman di Laut Sulawesi bergerak lintas batas administratif, mengikuti pola spasial yang berpindah seiring waktu dan cuaca, sementara data yang seharusnya menangkap pergerakan tersebut justru tersebar di banyak instansi yang jarang saling bicara. Kesenjangan inilah yang menjadi benang merah seluruh pembahasan, dan yang berusaha dijawab oleh kelima tujuan penelitian yang disusun sejak awal.

Terhadap tujuan pertama, mensintesis karakteristik ancaman spasial di kawasan perbatasan maritim, penelitian ini menemukan bahwa ancaman di Laut Sulawesi tidak

dapat dipahami sebagai kumpulan kejadian terpisah. *Illegal fishing*, penyelundupan, dan aktivitas *grey-zone* justru berkumpul pada titik-titik tertentu, biasanya di sekitar batas yurisdiksi, jalur pelayaran padat, dan kawasan ekonomi perikanan yang tinggi. Pemahaman ini penting karena selama ini ancaman maritim sering dibahas satu per satu, padahal pola spasialnya justru saling terkait dan saling memperkuat.

Terhadap tujuan kedua, mengevaluasi perkembangan GIS, GEOINT, dan teknologi spasial pendukung, tergambar jelas bahwa GIS telah bergeser jauh dari fungsi awalnya sebagai alat pemetaan. Ia kini menjadi platform yang hidup, mampu menyatukan citra satelit, radar, data AIS, hingga sensor *Internet of Things* ke dalam satu tampilan yang bisa dibaca pengambil kebijakan secara langsung. Perkembangan menuju *digital twin* dan GeoAI menunjukkan bahwa arah teknologi ini sudah bergerak ke simulasi dan prediksi, bukan sekadar visualisasi masa lalu.

Terhadap tujuan ketiga, mengidentifikasi tantangan interoperabilitas data, penelitian ini menunjukkan bahwa hambatan sesungguhnya bukan pada teknologi semata. Fragmentasi kelembagaan antara Bakamla dan TNI Angkatan Laut, ditambah ketiadaan regulasi berbagi data yang jelas dan kesenjangan kompetensi digital antarinstansi, jauh lebih sulit diselesaikan dibanding sekadar membeli perangkat baru. Kelima dimensi tantangan yang dibahas, teknologi, organisasi, regulasi, sumber daya manusia, dan infrastruktur, saling mengunci satu sama lain, sehingga solusi parsial pada satu dimensi saja tidak akan cukup mengurai simpul masalahnya.

Terhadap tujuan keempat, membangun kerangka konseptual transformasi digital keamanan maritim, penelitian ini mengusulkan alur yang menempatkan GIS bukan sebagai titik akhir, melainkan sebagai simpul penghubung antara ancaman spasial, akuisisi data, interoperabilitas, *spatial intelligence*, *decision support system*, dan pada akhirnya kesadaran situasional maritim yang utuh. Kerangka ini memberi tempat yang jelas bagi GIS di antara teknologi dan kelembagaan, dua hal yang selama ini sering dibahas terpisah dalam literatur.

Terhadap tujuan kelima, merumuskan implikasi kebijakan strategis, penelitian ini menegaskan bahwa penguatan keamanan maritim di Laut Sulawesi perlu ditopang lima langkah yang berjalan beriringan: membangun infrastruktur data maritim nasional yang terstandardisasi, mengembangkan platform GIS nasional sebagai titik temu lintas instansi, menerapkan pengawasan berbasis kecerdasan buatan, membangun sistem komando maritim terintegrasi, dan merintis *digital twin* untuk kawasan strategis. Kelima langkah ini bukan daftar belanja teknologi, melainkan satu rangkaian yang saling menopang menuju kesadaran situasional yang benar-benar terintegrasi.

Ketiga celah penelitian yang diuraikan pada Pendahuluan juga telah terjawab. Kajian GIS dan GEOINT yang selama ini bersifat teknis dan berdiri sendiri kini dihubungkan secara eksplisit dengan tata kelola keamanan lintas lembaga. Kajian keamanan maritim di Laut Sulawesi-Sulu yang sebelumnya terpusat pada kerja sama trilateral dan penegakan hukum kini diperkaya dengan dimensi infrastruktur data spasial yang selama ini luput dibahas. Dan yang paling mendasar, transformasi digital keamanan maritim kini secara eksplisit ditautkan dengan agenda Indonesia Emas 2045, bukan sekadar disebut sebagai latar belakang normatif.

Kebaruan yang ditawarkan artikel ini pun tampak konsisten di sepanjang pembahasan. GIS diposisikan bukan sebagai objek kajian teknis yang berdiri sendiri, melainkan sebagai simpul yang menghubungkan ancaman spasial, tata kelola data, dan agenda transformasi digital sekaligus. Perspektif yang menautkan kapabilitas GEOINT dengan digital governance juga konsisten dijaga sejak subbab pembahasan awal hingga kerangka konseptual di bagian akhir, sehingga evaluasi teknologi tidak berhenti pada

kinerja sistem, tetapi menyentuh pertanyaan kelembagaan yang menentukan keberhasilannya di lapangan.

Secara teoretis, artikel ini menunjukkan bahwa GIS perlu dipahami sebagai infrastruktur tata kelola, bukan sekadar instrumen teknis, sebuah pergeseran cara pandang yang bisa memperkaya kajian keamanan maritim di luar konteks Indonesia. Secara metodologis, sintesis tematik yang digunakan berhasil menjembatani dua arus literatur yang selama ini berjalan sendiri-sendiri, yakni kajian teknologi spasial dan kajian tata kelola keamanan, dan pendekatan ini bisa direplikasi untuk kawasan perbatasan maritim lain yang menghadapi persoalan serupa. Secara praktis, kerangka konseptual yang diusulkan bisa menjadi rujukan awal bagi Bakamla, TNI Angkatan Laut, dan kementerian terkait dalam menyusun peta jalan interoperabilitas data, terutama karena kerangka ini secara khusus dirancang untuk konteks kelembagaan Indonesia, bukan sekadar diadaptasi dari model negara lain.

Tentu, sintesis ini punya batasnya sendiri. Ia dibangun dari literatur yang tersedia, dan literatur mengenai penerapan GIS secara spesifik di Laut Sulawesi masih terbatas, sehingga sebagian argumen dalam artikel ini bersifat inferensial, ditarik dari kasus serupa di kawasan lain lalu diproyeksikan ke konteks Sulawesi. Penelitian lapangan yang menguji langsung kesiapan data dan kelembagaan di kawasan ini akan menjadi langkah lanjutan yang penting untuk mengonfirmasi atau mengoreksi kerangka yang diusulkan di sini.

Pada akhirnya, artikel ini ingin menegaskan satu hal yang sederhana namun sering terlewat. Kedaulatan di ruang laut Indonesia tidak akan terjaga hanya dengan menambah jumlah kapal patroli atau membeli lebih banyak radar. Ia akan terjaga jika negara ini mampu membuat semua alat itu berbicara dalam satu bahasa yang sama, terbaca oleh satu sistem yang sama, dan sampai ke tangan pengambil keputusan pada waktu yang tepat. GIS, dalam pengertian inilah, bukan sekadar peta yang lebih pintar. Ia adalah jembatan, dan jembatan itu hanya berguna jika kedua sisinya, teknologi dan kelembagaan, sama-sama mau berjalan menyeberanginya menuju Indonesia Emas 2045.

DAFTAR PUSTAKA

- Asia Maritime Transparency Initiative. (2023). Assessing Indonesia's maritime governance capacity: Priorities and challenges. Center for Strategic and International Studies.
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). Systematic approaches to a successful literature review (2nd ed.). SAGE Publications.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Brewster, D., & Bateman, S. (2024). Maritime Domain Awareness 3.0: The future of information and intelligence-sharing in the Indian Ocean. National Security College, Australian National University.
- Chauhdry, K. T., Aqib, S., & Wassan, I. A. (2025). Geopolitics of the Indo-Pacific: Strategic competition, alliances, and regional security. *Research Journal for Social Affairs*, 3(5), 503–520. <https://doi.org/10.71317/RJSA.003.05.0345>
- CORDIS | European Commission. (2024). Maritime domain awareness: Big data and seamless information sharing (EFFECTOR Project results in brief). <https://cordis.europa.eu/article/id/453696>
- Dupont, C., Gourmelon, F., Meur-Ferec, C., Herpers, F., & Le Visage, C. (2020). Exploring uses of maritime surveillance data for marine spatial planning: A review of scientific literature.

- Durlik, I., Miller, T., Cembrowska-Lech, D., Krzemińska, A., Złoczowska, E., & Nowak, A. (2023). Navigating the sea of data: A comprehensive review on data analysis in maritime IoT applications. *Applied Sciences*, 13(17), 9742. <https://doi.org/10.3390/app13179742>
- Esri. (2024). Securing the maritime transportation system: A GIS concept of operations. <https://www.esri.com/en-us/industries/blog/articles/securing-the-maritime-transportation-system-a-gis-concept-of-operations>
- Faxon, H. O., Goldstein, J. E., Fisher, M. R., & Hunt, G. (2022). Territorializing spatial data: Controlling land through One Map projects in Indonesia and Myanmar. *Political Geography*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2022.102651>
- Furlan, E., Slanzi, D., Torresan, S., Critto, A., & Marcomini, A. (2020). Multi-scenario analysis in the Adriatic Sea: A GIS-based Bayesian network to support maritime spatial planning. *Science of the Total Environment*, 703. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134972>
- GovInsider. (2026, Maret). Indonesia's new digital government plan aims to break bureaucratic silos. <https://govinsider.asia/intl-en/article/indonesias-new-digital-government-plan-aims-to-break-bureaucratic-silos>
- Hartono, F. C. A., & Syauquillah, M. (2025). Kerja sama strategik Indonesia, Filipina dan Malaysia dalam menanggulangi terorisme maritim di Laut Sulu-Sulawesi.
- Hidayat, A. S., Khusaini, M., Widiarto, A. E., & Solimun, S. (2024). Analysis of the determinants of success of maritime security and resilience strategies moderated by risk management and resources multiplier in the Indonesia's Archipelagic Sea Lane II. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(12). <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i12.6467>
- Hilmansyah, C., Prakoso, Y., & Lestari, A. (2025). Military threats in the global sea: Implications for Indonesia's maritime security toward Golden Indonesia 2045 (Vol. 6, Number 11). <http://jiss.publikasiindonesia.id/>
- Huang, D. Z., Hu, H., & Li, Y. Z. (2013). Spatial analysis of maritime accidents using the geographic information system. *Transportation Research Record*, (2326), 39–44. <https://doi.org/10.3141/2326-06>
- Information (MDPI). (2025). AI in maritime security: Applications, challenges, future directions, and key data sources. *Information*, 16(8), 658. <https://doi.org/10.3390/info16080658> [Perlu verifikasi nama penulis]
- International Institute for Strategic Studies (IISS). (2024). Asia-Pacific Regional Security Assessment 2024.
- Kajian sistematis GEOINT. (2024). Geospatial intelligence: A comprehensive review of emerging trends and applications in 2024.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2025). Nelayan terancam, laut terluka: Dampak IUU fishing bagi masyarakat dan ekosistem. <https://kkp.go.id/news/news-detail/nelayan-terancam-laut-terluka-dampak-iuu-fishing-bagi-masyarakat-dan-ekosistem-08ny.html>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2025). Transformasi menuju Indonesia Emas 2045: Bappenas matangkan Rencana Induk Pemerintah Digital 2025–2045. <https://data.go.id/news/2025/11/transformasi-menuju-indonesia-emas-2045>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (EBSE Technical Report EBSE-2007-01). Keele University and University of Durham.
- Liang, M., Weng, L., Gao, R., Li, Y., & Du, L. (2024). Unsupervised maritime anomaly detection for intelligent situational awareness using AIS data. *Knowledge-Based*

- Systems, 284, 111313. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2023.111313>
- Maritime and Port Authority of Singapore. (2025). Singapore advances maritime innovation with geospatial partnerships and launches Maritime Digital Twin. <https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/singapore-advances-maritime-innovation-with-geospatial-partnerships-and-launches-maritime-digital-twin>
- Marsetio. (2017). Indonesia sea power and regional maritime security challenges.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- RSIS. (2026). Establishing maritime authority: Law, politics, and Indonesia's coastguard (IP26027). S. Rajaratnam School of International Studies.
- Sadly, M., Hendiarti, N., Sachoemar, S. I., & Faisal, Y. (2009). Fishing ground prediction using a knowledge-based expert system geographical information system model in the South and Central Sulawesi coastal waters of Indonesia. *International Journal of Remote Sensing*, 30(24), 6429–6440. <https://doi.org/10.1080/01431160902865780>
- Sarjito, A. (2023). Defense policy roadmap towards a Golden Indonesia 2045: Establishment of the Indonesian Space Armed Forces. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 3(3), 188–197. <https://doi.org/10.53866/jimi.v3i3.403>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039> [Perlu verifikasi ulang oleh penulis]
- Sui, L., Wang, J., Yang, X., & Wang, Z. (2020). Spatial-temporal characteristics of coastline changes in Indonesia from 1990 to 2018. *Sustainability*, 12(8), 1–28. <https://doi.org/10.3390/SU12083242>
- Supriyanto, R. A., & Rusdi, S. (2013). Maritime security agencies in Indonesia: More not merrier (RSIS Commentary No. C013001). S. Rajaratnam School of International Studies.
- Sustainability (MDPI). (2025). Application of GIS in the maritime-port sector: A systematic review. *Sustainability*, 17(8), 3386. <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/8/3386>
- Temiz, N. (2023). Geographical information systems for marine applications. *Mersin University Journal of Maritime Faculty*, 5(1), 15–21. <https://doi.org/10.47512/meujmaf.1294234>
- Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8, 45. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45> [Perlu verifikasi ulang oleh penulis]
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2025–2045.
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii. [Perlu verifikasi ulang oleh penulis]
- Windward. (2025). What is geospatial intelligence (GEOINT)? <https://windward.ai/glossary/what-is-geospatial-intelligence/>

- Wilson Center. (2025). Southeast Asia maritime security and Indo-Pacific strategic competition. <https://www.wilsoncenter.org/article/southeast-asia-maritime-security-and-indo-pacific-strategic-competition>
- Yudono, A. (2018). Magnifying democracy and sovereignty in Indonesian maritime governance through open marine spatial data practice. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 156(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/156/1/012030>
- Yusfan, M. A., Supriyadi, A. A., Martha, S., Gultom, R. A. G., & Sakti, S. K. (2021). Geospatial intelligence (GEOINT) as a national defense strategy for information overload in Indonesia. International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences, 3(2), 56–62. <https://doi.org/10.46923/ijets.v3i2.129>