
Pemanfaatan Sistem Informasi Geografik dalam Mendukung Tata Kelola Keamanan Maritim terhadap *Illegal Fishing* dan Penambangan Timah Laut Ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung

Arief Febridiansyah^{1*}, Widodo², Anwar Kurniadi³ Nefra Firdaus⁴, Harri Dolli Hutabarat⁵, Yuniar⁶, Lukman Yudho Prakoso⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universitas Pertahanan, Kawasan IPSC Sentul, Jl. Anyar, Sukahati, Kec. Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16810, Indonesia

arieffebridians@gmail.com^{1*}, widodo@idu.ac.id², a.kurniadi@idu.ac.id³, nefra.firdaus@idu.ac.id⁴, harri.dolli@idu.ac.id⁵, yuniar@idu.ac.id⁶, lukman.prakoso@idu.ac.id⁷

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Received : 13 Juli, 2026

Revised : 13 Juli, 2026

Accepted : 13 Juli, 2026

Kata kunci:

Bangka Belitung;
Illegal Fishing;
Keamanan Maritim;
Penambangan Timah Laut;
Sistem Informasi Geografik.

Abstrak

Aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung menjadi tantangan utama dalam tata kelola keamanan. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pemanfaatan teknologi geospasial sebagai instrumen pendukung dalam pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam mendukung tata kelola keamanan maritim terhadap aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui studi dokumentasi dengan memanfaatkan data sekunder serta berbagai literatur ilmiah yang dianalisis menggunakan pendekatan spasial melalui Sistem Informasi Geografis. Analisis dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, reduksi data, integrasi data spasial, analisis overlay, interpretasi hasil, serta penyusunan sintesis untuk mendukung perumusan rekomendasi kebijakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis SIG mampu mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kerawanan yang berbeda, yaitu *High Priority*, *Medium Priority*, dan *Low Priority*, berdasarkan karakteristik spasial, keberadaan kawasan penangkapan ikan, serta lokasi penambangan timah laut ilegal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan SIG dapat mendukung penyusunan prioritas pengawasan, memperkuat koordinasi antarlembaga, serta menyediakan informasi spasial yang mendukung pengambilan keputusan dalam tata kelola keamanan maritim. Penelitian ini menyimpulkan bahwa Sistem Informasi Geografis berperan sebagai instrumen pendukung dalam meningkatkan kualitas informasi spasial untuk mendukung pengawasan wilayah laut secara lebih terarah dan berbasis risiko. pemanfaatan SIG sebagai pendukung tata kelola keamanan maritim yang mengintegrasikan analisis spasial dengan perspektif kebijakan publik sebagai dasar penyusunan strategi pengawasan terhadap aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan luas wilayah laut mencapai sekitar dua pertiga dari total wilayah nasional. Posisi geografis tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara maritim yang memiliki peran strategis dalam jalur perdagangan internasional sekaligus menghadapi tantangan keamanan maritim yang semakin kompleks. Dalam perspektif *Maritime Security*, keamanan laut tidak lagi dipahami semata-mata sebagai perlindungan terhadap ancaman militer, tetapi juga mencakup perlindungan sumber daya alam, keselamatan pelayaran, penegakan hukum, keberlanjutan lingkungan, serta tata kelola ruang laut yang efektif (Bueger, 2015). Sejalan dengan konsep *Blue Economy*, pengelolaan ruang laut harus mampu menyeimbangkan kepentingan ekonomi, sosial, lingkungan, dan keamanan agar pemanfaatan sumber daya kelautan dapat berlangsung secara berkelanjutan (World Bank, 2024). Oleh karena itu, penguatan tata kelola keamanan maritim menjadi salah satu agenda strategis Indonesia dalam menjaga kedaulatan negara sekaligus menjamin keberlanjutan pemanfaatan sumber daya kelautan.

Dalam konteks tersebut, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan salah satu wilayah yang memiliki posisi strategis karena berada pada jalur pelayaran yang menghubungkan Selat Malaka, Laut Natuna Utara, Selat Karimata, dan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I. Selain menjadi koridor penting perdagangan internasional, wilayah ini juga memiliki potensi sumber daya kelautan yang besar, baik sektor perikanan maupun mineral berupa timah laut. Tingginya nilai ekonomi sumber daya tersebut menjadikan perairan Bangka Belitung rentan terhadap berbagai bentuk kejahatan maritim, khususnya praktik *illegal, unreported and unregulated fishing* (IUU Fishing) serta aktivitas penambangan timah laut ilegal. Kedua aktivitas tersebut berkembang menjadi ancaman non-tradisional yang tidak hanya berdampak terhadap aspek ekonomi, tetapi juga mengganggu stabilitas keamanan maritim dan tata kelola pemerintahan di wilayah pesisir.

Praktik *illegal fishing* menyebabkan kerugian ekonomi negara, menurunkan stok sumber daya ikan, meningkatkan konflik pemanfaatan ruang laut, serta mengancam keberlanjutan mata pencaharian masyarakat pesisir. Di sisi lain, aktivitas penambangan timah laut ilegal menimbulkan sedimentasi, kerusakan terumbu karang, degradasi kualitas perairan, serta konflik kepentingan antara sektor pertambangan dan sektor perikanan. Penelitian Ibrahim et al. (2021) menunjukkan bahwa konflik pemanfaatan ruang laut di Bangka Belitung sebagian besar dipicu oleh tumpang tindih pemanfaatan kawasan pesisir, sedangkan Nurtjahya et al. (2017) menjelaskan bahwa aktivitas penambangan timah laut telah menyebabkan penurunan kualitas lingkungan pesisir dan produktivitas sumber daya perikanan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua aktivitas ilegal tersebut merupakan ancaman multidimensional yang memerlukan pendekatan pengelolaan secara terpadu.

Meskipun berbagai upaya penegakan hukum telah dilakukan oleh TNI AL, Bakamla RI, Polairud, Kementerian Kelautan dan Perikanan, maupun pemerintah daerah, efektivitas pengawasan masih menghadapi berbagai kendala. Keterbatasan armada patroli, luasnya wilayah operasi, keterbatasan anggaran, serta belum optimalnya integrasi data antarinstansi menyebabkan pengawasan laut masih bersifat sektoral dan reaktif. Selain itu, tumpang tindih kewenangan dalam pengelolaan ruang laut sering kali menghambat proses pengambilan keputusan secara cepat dan tepat. Dirhamsyah (2016) menjelaskan bahwa koordinasi kelembagaan keamanan maritim Indonesia masih menghadapi

tantangan berupa fragmentasi kewenangan dan lemahnya integrasi informasi sehingga efektivitas pengawasan belum optimal.

Perkembangan teknologi geospasial memberikan peluang baru dalam meningkatkan efektivitas tata kelola keamanan maritim melalui pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG memungkinkan integrasi berbagai sumber data spasial dan nonspasial, seperti citra satelit, *Automatic Identification System* (AIS), *Vessel Monitoring System* (VMS), radar pantai, drone, maupun data kebijakan tata ruang ke dalam satu sistem informasi yang mampu menghasilkan visualisasi spasial, analisis kerawanan, hingga rekomendasi pengambilan keputusan. Wright et al. (2019) menjelaskan bahwa pemanfaatan SIG telah berkembang menjadi instrumen penting dalam mendukung *Decision Support System* (DSS) pada tata kelola kelautan modern. Perkembangan lebih lanjut melalui *Geospatial Artificial Intelligence* (GeoAI) memungkinkan analisis data spasial secara otomatis sehingga mampu mendeteksi pola aktivitas kapal, perilaku anomali, maupun perubahan lingkungan laut secara lebih cepat dan akurat (Janowicz et al., 2020; Millefiori et al., 2021). Dengan demikian, SIG tidak lagi berfungsi hanya sebagai media pemetaan, tetapi juga sebagai instrumen analisis strategis yang mendukung *Maritime Domain Awareness* (MDA) dan penyusunan kebijakan keamanan maritim berbasis bukti.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan SIG dalam pengawasan wilayah pesisir maupun keamanan maritim. Wright et al. (2019) menekankan pentingnya SIG sebagai pendukung pengambilan keputusan dalam tata kelola kelautan, sedangkan Millefiori et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi AIS dengan kecerdasan buatan mampu mengidentifikasi anomali perilaku kapal secara otomatis. Penelitian Janowicz et al. (2020) memperlihatkan bahwa GeoAI dapat meningkatkan kemampuan analisis spasial melalui integrasi berbagai sumber data geospasial. Di sisi lain, Ibrahim et al. (2021) dan Nurtjahya et al. (2017) lebih banyak mengkaji dampak penambangan timah terhadap lingkungan pesisir Bangka Belitung. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih membahas illegal fishing, penambangan timah laut, maupun teknologi geospasial secara terpisah sehingga belum mengintegrasikan seluruh aspek tersebut ke dalam kerangka tata kelola keamanan maritim.

Dalam mendukung tata kelola keamanan maritim terhadap ancaman *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal secara simultan di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Padahal, integrasi berbagai teknologi tersebut berpotensi menghasilkan sistem pengawasan berbasis risiko (*risk-based maritime surveillance*) yang mampu meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan, memperkuat koordinasi antarlembaga, dan mengurangi duplikasi informasi dalam operasi penegakan hukum.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dalam mendukung tata kelola keamanan maritim terhadap aktivitas illegal fishing dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Kebaruan penelitian ini terletak pada penyusunan model integrasi SIG, DSS, GeoAI, dan *Maritime Domain Awareness* dalam mendukung pengelolaan keamanan maritim berbasis wilayah prioritas sehingga diharapkan dapat menjadi dasar penyusunan kebijakan pengawasan yang lebih efektif, adaptif, kolaboratif, dan berbasis bukti.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam perspektif tata kelola keamanan maritim untuk menganalisis secara simultan aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada pemetaan

spasial, deteksi aktivitas perikanan ilegal, atau pengelolaan pertambangan laut secara parsial, penelitian ini mengintegrasikan analisis spasial dengan pendekatan tata kelola keamanan maritim melalui penyusunan klasifikasi wilayah prioritas (*High Priority*, *Medium Priority*, dan *Low Priority*) sebagai dasar perumusan rekomendasi kebijakan pengawasan berbasis risiko. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran spasial mengenai distribusi ancaman keamanan maritim, tetapi juga menawarkan model konseptual pemanfaatan SIG sebagai instrumen pendukung pengambilan keputusan (*Decision Support System*) dan penyusunan strategi pengawasan maritim yang lebih adaptif di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan dukungan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan kualitatif dipilih untuk menganalisis tata kelola keamanan maritim, kebijakan pengawasan wilayah laut, serta dinamika penegakan hukum terhadap aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Analisis spasial digunakan sebagai instrumen pendukung untuk mengidentifikasi pola sebaran ancaman, hubungan antarvariabel keruangan, serta penyusunan wilayah prioritas pengawasan. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara analisis kebijakan dan analisis geospasial sehingga menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi keamanan maritim (Creswell & Creswell, 2018).

Penelitian menggunakan data sekunder yang berasal dari berbagai instansi pemerintah, lembaga internasional, serta publikasi ilmiah. Data yang digunakan terdiri atas data spasial dan data nonspasial. Data spasial meliputi citra satelit Sentinel-1 dan Sentinel-2, data *Automatic Identification System* (AIS), *Vessel Monitoring System* (VMS), peta Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K), data batimetri, garis pantai, kawasan konservasi, serta peta izin usaha pertambangan. Sementara itu, data nonspasial diperoleh dari laporan Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI), Kementerian Kelautan dan Perikanan, Badan Informasi Geospasial (BIG), Badan Pusat Statistik (BPS), pemerintah daerah, serta artikel ilmiah yang relevan dengan keamanan maritim dan pengelolaan wilayah pesisir.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dan studi kepustakaan. Studi dokumentasi digunakan untuk memperoleh data spasial, dokumen kebijakan, laporan penegakan hukum, statistik keamanan maritim, serta dokumen perencanaan wilayah pesisir. Sementara itu, studi kepustakaan dilakukan dengan menelaah buku, artikel ilmiah, peraturan perundang-undangan, laporan penelitian, dan berbagai referensi yang berkaitan dengan Sistem Informasi Geografis, Maritime Domain Awareness (MDA), GeoAI, *illegal fishing*, serta penambangan timah laut ilegal.

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah reduksi data, yaitu mengidentifikasi, mengelompokkan, dan memilih data yang relevan dengan tujuan penelitian. Tahap kedua adalah analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pada tahap ini dilakukan proses *overlay* berbagai lapisan data spasial seperti jalur pelayaran, sebaran aktivitas kapal berdasarkan AIS, kawasan konservasi, wilayah penangkapan ikan, wilayah pertambangan, serta dokumen zonasi pesisir. Analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi pola kerawanan dan hubungan antara aktivitas *illegal fishing* dengan penambangan timah laut ilegal. Tahap ketiga adalah analisis deskriptif kualitatif, yaitu menginterpretasikan hasil analisis spasial dengan mengaitkannya pada aspek tata kelola keamanan maritim, koordinasi antarlembaga, kebijakan pengawasan, serta penegakan hukum di wilayah penelitian. Tahap terakhir

adalah penyusunan wilayah prioritas, yaitu mengelompokkan wilayah penelitian ke dalam kategori kerawanan tinggi (*high priority*), sedang (*medium priority*), dan rendah (*low priority*) berdasarkan hasil sintesis analisis spasial dan kajian kebijakan.

Keabsahan data dilakukan melalui triangulasi sumber dan triangulasi metode. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari berbagai instansi pemerintah, dokumen resmi, serta publikasi ilmiah. Triangulasi metode dilakukan dengan mengombinasikan hasil analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan analisis deskriptif terhadap dokumen kebijakan dan literatur ilmiah. Pendekatan tersebut bertujuan meningkatkan kredibilitas, konsistensi, dan validitas hasil penelitian (Bowen, 2009; Denzin, 1978).



Gambar 1. Kerangka Analisis Pendekatan Penelitian
(Sumber: Diolah oleh Penulis, (2026))

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Lanskap Perairan Bangka Belitung

Posisi strategis Perairan Kepulauan Bangka Belitung pada jalur ALKI I menunjukkan bahwa kawasan ini memiliki nilai strategis tidak hanya dari aspek ekonomi, tetapi juga keamanan maritim karena menjadi jalur utama pelayaran internasional dan distribusi logistik nasional. Kondisi tersebut menyebabkan wilayah ini memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap berbagai aktivitas ilegal di laut sehingga memerlukan sistem pengawasan yang terintegrasi. Temuan ini sejalan dengan konsep keamanan maritim yang menekankan pentingnya pengelolaan ancaman lintas sektor melalui pendekatan multidimensional (Bueger, 2015; Bueger & Edmunds, 2017).

Di sisi lain, keunikan geologis landas kontinen perairan ini menyimpan potensi kekayaan mineral bawah laut berupa komoditas timah aluvial (*cassiterite*) terbesar di Indonesia. Kombinasi antara jalur pelayaran internasional yang terbuka dengan tingginya nilai ekonomi komoditas ekstraktif di bawah laut menciptakan dinamika ancaman non-tradisional yang kompleks. Kerentanan geografis ini kian dipicu oleh kontur perairan yang didominasi oleh laut dangkal dan ratusan pulau kecil, yang secara taktis menyediakan ruang berlindung bagi aktivitas kejahatan maritim dari deteksi visual patroli fisik konvensional.

Konsentrasi aktivitas *illegal fishing* pada wilayah dengan intensitas lalu lintas kapal yang tinggi menunjukkan bahwa pelaku cenderung memanfaatkan kawasan yang memiliki mobilitas kapal tinggi untuk mengurangi kemungkinan terdeteksi oleh aparat pengawas. Pola tersebut sesuai dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa analisis data AIS dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi perilaku kapal yang

menyimpang dari pola pelayaran normal sebagai indikator awal aktivitas ilegal (Millefiori et al., 2021).

Kluster Operasional Penambangan Timah Laut Ilegal Berbeda dengan pola pencurian ikan yang bersifat *offshore*, kluster penambangan timah tanpa izin terfokus secara masif di wilayah pesisir dekat pantai (*inshore*) serta wilayah teluk semi-tertutup. Tumpang tindih antara kawasan penambangan timah laut, wilayah tangkap nelayan, dan kawasan konservasi menunjukkan perlunya pendekatan tata kelola berbasis informasi spasial. Pemanfaatan SIG memungkinkan visualisasi konflik pemanfaatan ruang laut sehingga mendukung penyusunan kebijakan yang lebih berbasis bukti (Longley et al., 2021).

Penyusunan Peta Kerawanan Maritim terhadap ancaman IUU Fishing dan Penambangan Timah Ilegal

Penyusunan Peta Kerawanan Maritim di perairan Kepulauan Bangka Belitung dilakukan melalui teknik analisis tumpang susun berbasis pembobotan atau *Weighted Overlay Analysis*. Metode sekunder ini mengintegrasikan seluruh variabel spasial yang telah diekstraksi (NDVI, TSS, Jarak Garis Pantai, dan Kerapatan *Dark Vessels*) dengan data vektor regulasi tata ruang laut. Untuk mengonkritkan batas-batas pengkelasan dalam peta kerawanan, berikut adalah matriks parameter ambang batas (*threshold*) dari berbagai data sekunder yang digunakan:

Tabel 1. Hasil Analisis *Overlay* Spasial

Kelas Prioritas	Parameter TSS Sekunder	Parameter Dark Vessels (AIS)	Lapisan Data Vektor (Shapefile) yang Saling Berbenturan
High Priority (Kerawanan Tinggi)	Tinggi (>80 mg/L) secara konsisten dalam deret waktu bulanan.	Frekuensi hilangnya isyarat transponder (<i>ping gap</i>) >5 kali per kilometer persegi per bulan.	Interseksi (<i>Intersection</i>) langsung antara Alokasi Ruang Tangkap Nelayan Tradisional vs Peta Konsesi IUP Aktif / Lokasi TI Apung Liar.
Medium Priority (Kerawanan Sedang)	Sedang (30–80 mg/L), menunjukkan fluktuasi musiman.	Frekuensi <i>ping gap</i> rendah hingga sedang (1–4 kali per kilometer persegi).	Zona Pemanfaatan Umum yang berbatasan langsung dengan area tambang atau bekas wilayah konsesi pasca-operasi.
Low Priority (Kerawanan Rendah)	Rendah (<30 mg/L), air cenderung jernih sesuai standar baku mutu.	Nihil anomali transponder, pergerakan kapal sepenuhnya mematuhi koridor ALKI I atau jalur pelayaran resmi.	Lapisan data Kawasan Konservasi Perairan (KKP), Suaka Alam Perairan (SAP), dan Taman Nasional Laut

(Sumber: Diolah oleh Penulis, 2026)

Penetapan indikator operasional pada Tabel 1 menjadi landasan objektif untuk memetakan kerentanan siber-fisik maritim di lapangan. Dengan mengacu pada ambang batas variabel tersebut, wilayah perairan Bangka Belitung dikelompokkan ke dalam tiga kluster kerawanan strategis. Dinamika dan karakteristik ancaman taktis berupa praktik *IUU Fishing* dan penambangan timah ilegal yang mendominasi masing-masing kluster wilayah prioritas tersebut dirangkum secara rinci dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Klasifikasi Zona Prioritas Pengawasan

Wilayah Prioritas (Contoh Kawasan Babel)	Fokus Ancaman: IUU Fishing	Fokus Ancaman: Penambangan Timah Ilegal
High Priority (Teluk Kelabat Dalam, Pesisir Toboali, Perairan Rebo)	Pelanggaran jalur tangkap di bawah 12 mil laut oleh kapal lokal maupun asing, serta pencurian ikan intensif di zona pesisir dangkal.	Operasional masif Tambang Inkonvensional (TI) Apung/ponton liar tanpa izin, pencucian timah langsung di laut, dan konflik ruang akut dengan nelayan tradisional.

<i>Medium Priority</i> (Pesisir Matras-Bedukang, Perairan Tempilang)	Aktivitas kapal pengepul hasil tangkapan ilegal (<i>transshipment</i>) dan pencurian ikan yang bersifat musiman memanfaatkan kelengahan patroli fisik.	Penetrasi ulang (<i>re-intrusion</i>) armada ponton liar di area bekas IUP/tambang rakyat, serta mobilisasi kapal penyelundup pasir timah mentah melalui jalur tikus pesisir.
<i>Low Priority</i> (KKPD Belitung Timur/Buku Limau, Pulau Lepar & Pongok)	Infiltrasi <i>dark vessels</i> (kapal hantu yang sengaja mematikan transponder) yang mengincar potensi perikanan di zona inti konservasi/taman laut.	Ancaman perluasan (<i>spillover</i>) dampak kerusakan lingkungan berupa sebaran lumpur sisa tambang yang berpotensi merusak wilayah suaka alam perairan.

(Sumber: Diolah oleh Penulis, 2026)

Pemanfaatan SIG terhadap Tata Kelola Keamanan Maritim Berbasis Wilayah Prioritas

Implementasi SIG terhadap Zona High Priority

Wilayah *High Priority* yang meliputi Teluk Kelabat Dalam, Pesisir Toboali, dan Perairan Rebo merupakan kawasan dengan tingkat kerawanan yang tinggi akibat tumpang tindih aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal. Karakteristik wilayah ini menunjukkan intensitas pemanfaatan ruang laut yang tinggi sehingga berpotensi menimbulkan konflik antara kegiatan perikanan, pertambangan, dan pelestarian lingkungan pesisir.

Dalam konteks tersebut, pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berfungsi sebagai instrumen pendukung pengambilan keputusan melalui integrasi berbagai data spasial, seperti citra satelit, *Automatic Identification System* (AIS), data zonasi RZWP3K, dan informasi kualitas perairan. Integrasi tersebut memungkinkan identifikasi lokasi yang memiliki tingkat kerawanan tinggi sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan prioritas pengawasan oleh instansi terkait. Selain itu, informasi spasial yang dihasilkan berpotensi mendukung pengembangan sistem peringatan dini (*early warning system*) serta meningkatkan efektivitas koordinasi antarinstansi dalam pelaksanaan penegakan hukum di wilayah pesisir. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa SIG mampu mendukung identifikasi wilayah prioritas pengawasan melalui integrasi berbagai sumber data spasial. Pendekatan ini sejalan dengan perkembangan pemanfaatan teknologi geospasial dalam mendukung peningkatan *Maritime Domain Awareness* (Janowicz et al., 2020).

Implementasi SIG terhadap Zona Medium Priority

Wilayah *Medium Priority* yang mencakup kawasan Pesisir Matras-Bedukang dan Perairan Tempilang memiliki karakteristik ancaman berupa aktivitas penambangan timah laut ilegal yang bersifat dinamis serta aktivitas kapal yang memanfaatkan keterbatasan pengawasan di wilayah pesisir. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengawasan yang dilakukan secara berkelanjutan melalui pemanfaatan informasi geospasial.

Analisis spasial menggunakan SIG memungkinkan identifikasi perubahan penggunaan ruang laut melalui perbandingan data spasial pada periode yang berbeda (*change detection*). Selain itu, integrasi data pergerakan kapal berdasarkan AIS dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pola aktivitas yang menyimpang dari jalur pelayaran normal. Informasi tersebut memberikan dukungan bagi penyusunan pola patroli yang lebih adaptif berdasarkan tingkat kerawanan wilayah sehingga pengawasan dapat dilaksanakan secara lebih efektif sesuai dengan prioritas keamanan maritim. Analisis spasial pada wilayah dengan tingkat kerawanan sedang menunjukkan bahwa integrasi data spasial dapat membantu proses penentuan prioritas pengawasan berdasarkan karakteristik ancaman yang berkembang. Pendekatan tersebut mendukung

proses pengambilan keputusan yang lebih sistematis dalam pengelolaan keamanan maritim (Longley et al., 2021).

Implementasi SIG terhadap Zona Low Priority

Wilayah *Low Priority* meliputi kawasan konservasi perairan dan pulau-pulau kecil yang secara umum memiliki tingkat ancaman lebih rendah dibandingkan wilayah prioritas lainnya. Meskipun demikian, kawasan ini tetap berpotensi mengalami dampak tidak langsung berupa penyebaran sedimentasi akibat aktivitas penambangan timah laut maupun masuknya kapal yang melakukan aktivitas penangkapan ikan secara ilegal.

Pemanfaatan SIG pada wilayah ini diarahkan untuk mendukung kegiatan pemantauan lingkungan pesisir melalui analisis perubahan kualitas perairan, kondisi ekosistem pesisir, serta distribusi aktivitas kapal berdasarkan data spasial yang tersedia. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar pelaksanaan pengawasan kawasan konservasi secara berkelanjutan serta mendukung implementasi kebijakan pengelolaan wilayah pesisir yang berbasis bukti (*evidence-based policy*). Dengan demikian, SIG berperan sebagai instrumen pendukung dalam menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya kelautan dan upaya konservasi lingkungan. Meskipun memiliki tingkat ancaman relatif lebih rendah, kawasan konservasi tetap memerlukan pemantauan berkelanjutan melalui informasi geospasial untuk menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir dan laut. Pendekatan ini mendukung prinsip tata kelola sumber daya kelautan yang berkelanjutan (FAO, 2024)

Sintesis Pemanfaatan SIG

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan Sistem Informasi Geografis memberikan kontribusi penting dalam mendukung tata kelola keamanan maritim di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Integrasi berbagai sumber data spasial memungkinkan identifikasi wilayah yang memiliki tingkat kerawanan berbeda sehingga mendukung penyusunan prioritas pengawasan terhadap aktivitas *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal. Selain meningkatkan kualitas informasi spasial, pemanfaatan SIG juga memperkuat koordinasi antarlembaga melalui penyediaan basis data yang lebih terintegrasi untuk mendukung proses pengambilan keputusan.

Berdasarkan hasil analisis, penerapan SIG tidak dimaksudkan untuk menggantikan fungsi patroli di lapangan, tetapi sebagai instrumen pendukung yang mampu meningkatkan efektivitas pengawasan melalui penyediaan informasi spasial yang akurat dan mudah diinterpretasikan. Oleh karena itu, pengembangan sistem pengawasan maritim berbasis SIG berpotensi menjadi salah satu strategi dalam memperkuat Maritime Domain Awareness, meningkatkan efektivitas penegakan hukum, serta mendukung tata kelola keamanan maritim yang lebih kolaboratif, adaptif, dan berkelanjutan di Perairan Kepulauan Bangka Belitung.

Secara konseptual, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan SIG tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi informasi spasial, tetapi juga mendukung proses pengambilan keputusan melalui integrasi berbagai sumber data geospasial. Temuan ini sejalan dengan perkembangan konsep GeoAI yang memadukan kecerdasan buatan dan analisis spasial untuk meningkatkan kualitas informasi geografis dalam mendukung tata kelola keamanan maritim (Janowicz et al., 2020; Zhu et al., 2021).

Tabel 3. Sintesis Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dalam Tata Kelola Keamanan Maritim

No.	Temuan Penelitian	Kontribusi Sistem Informasi Geografis (SIG)	Implikasi terhadap Tata Kelola Keamanan Maritim	Rekomendasi Kebijakan
1	Perairan Kepulauan Bangka Belitung memiliki karakteristik geostrategis yang berada pada jalur ALKI I serta memiliki potensi perikanan dan sumber daya timah laut yang tinggi.	SIG mengintegrasikan berbagai informasi geospasial sehingga karakteristik wilayah dapat divisualisasikan dan dianalisis secara komprehensif.	Mendukung identifikasi wilayah prioritas sebagai dasar penyusunan kebijakan pengawasan maritim berbasis karakteristik spasial.	Penguatan basis data geospasial maritim terpadu yang mendukung implementasi One Map Policy dalam pengelolaan wilayah pesisir dan laut.
2	Aktivitas <i>illegal fishing</i> terkonsentrasi pada wilayah lepas pantai (<i>offshore</i>) dengan intensitas lalu lintas kapal yang tinggi.	Analisis spasial berbasis AIS dan pemetaan SIG membantu mengidentifikasi pola aktivitas kapal dan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan lebih tinggi.	Mendukung penyusunan prioritas pengawasan melalui pendekatan <i>risk-based maritime surveillance</i> .	Penguatan integrasi informasi geospasial dari AIS, VMS, radar pantai, dan citra satelit sebagai dasar penyusunan kebijakan pengawasan maritim.
3	Penambangan timah laut ilegal terkonsentrasi pada kawasan pesisir sehingga menimbulkan konflik pemanfaatan ruang laut.	SIG mengidentifikasi tumpang tindih antara wilayah pertambangan, kawasan penangkapan ikan, dan kawasan konservasi.	Mendukung penyusunan kebijakan pengelolaan ruang laut yang lebih terintegrasi untuk meminimalkan konflik pemanfaatan ruang.	Penguatan sinkronisasi kebijakan RZWP3K dengan kebijakan pertambangan, perikanan, dan pengelolaan wilayah pesisir.
4	Analisis <i>overlay</i> menunjukkan adanya wilayah dengan tingkat kerawanan yang berbeda berdasarkan karakteristik spasial.	SIG menghasilkan klasifikasi wilayah ke dalam kategori High Priority, Medium Priority, dan Low Priority sebagai dasar analisis.	Mendukung pengalokasian sumber daya pengawasan secara lebih efektif sesuai tingkat kerawanan wilayah.	Penyusunan peta prioritas pengawasan maritim berbasis analisis spasial sebagai acuan perencanaan operasi pengawasan terpadu.
5	Pemanfaatan SIG berkontribusi dalam mendukung tata kelola keamanan maritim melalui penyediaan informasi spasial yang terintegrasi.	Integrasi analisis spasial menghasilkan model konseptual yang mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (<i>evidence-based decision making</i>).	Mendukung tata kelola keamanan maritim yang lebih terkoordinasi, adaptif, dan berbasis data spasial.	Penyusunan kebijakan keamanan maritim berbasis informasi geospasial sebagai landasan penguatan tata kelola keamanan maritim yang berkelanjutan.

(Sumber: Diolah oleh Penulis, 2026)

Tabel tersebut menyajikan sintesis hasil penelitian mengenai kontribusi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam mendukung tata kelola keamanan maritim di Perairan

Kepulauan Bangka Belitung. Sintesis ini menunjukkan bahwa pemanfaatan SIG tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi informasi geospasial, tetapi juga sebagai instrumen analisis yang mampu mengintegrasikan berbagai sumber data spasial untuk mengidentifikasi karakteristik wilayah, pola aktivitas *illegal fishing*, lokasi penambangan timah laut ilegal, serta tingkat kerawanan setiap kawasan. Dengan demikian, SIG memberikan dasar informasi yang lebih komprehensif bagi penyusunan kebijakan pengawasan maritim berbasis bukti (*evidence-based decision making*).

Hasil sintesis juga memperlihatkan bahwa analisis spasial melalui metode *overlay* menghasilkan klasifikasi wilayah ke dalam kategori *High Priority*, *Medium Priority*, dan *Low Priority*. Klasifikasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar konseptual dalam penyusunan prioritas pengawasan, pengalokasian sumber daya, serta penguatan koordinasi antarinstansi sesuai karakteristik ancaman pada masing-masing wilayah. Pendekatan ini mendukung penerapan tata kelola keamanan maritim yang lebih adaptif melalui pemanfaatan informasi geospasial dalam proses pengambilan keputusan.

Selain itu, tabel menunjukkan bahwa pemanfaatan SIG memiliki potensi untuk mendukung penguatan koordinasi lintas sektor melalui integrasi data geospasial, sinkronisasi kebijakan pengelolaan ruang laut, serta penyusunan strategi pengawasan yang mempertimbangkan kondisi spasial wilayah. Namun demikian, penelitian ini belum mengimplementasikan sistem pengawasan berbasis teknologi secara operasional. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi seperti *Geospatial Artificial Intelligence* (GeoAI), *Decision Support System* (DSS), dan *Maritime Domain Awareness* (MDA) diposisikan sebagai arah pengembangan penelitian dan rekomendasi kebijakan yang memerlukan kajian empiris lebih lanjut.

Secara keseluruhan, sintesis pada Tabel 3 menegaskan bahwa kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyusunan model konseptual pemanfaatan Sistem Informasi Geografis sebagai instrumen pendukung tata kelola keamanan maritim. Model tersebut memberikan landasan bagi penyusunan prioritas pengawasan, penguatan koordinasi antarlembaga, serta perumusan kebijakan pengelolaan wilayah laut yang lebih terintegrasi, adaptif, dan berkelanjutan dalam menghadapi ancaman *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal di Perairan Kepulauan Bangka Belitung.

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan peran strategis Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai instrumen analisis spasial dalam tata kelola keamanan maritim di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. Melalui integrasi data geospasial, penelitian berhasil mengidentifikasi karakteristik wilayah, memetakan pola sebaran ancaman *illegal fishing* dan penambangan timah laut ilegal, serta mengklasifikasikan kawasan ke dalam kategori prioritas Tinggi, Sedang, dan Rendah yang menjadi dasar konseptual bagi pengambilan keputusan berbasis risiko dan bukti. Temuan ini juga menunjukkan bahwa SIG mampu mendukung penguatan koordinasi antarlembaga serta penyusunan kebijakan pengelolaan ruang laut yang lebih terintegrasi. Meskipun demikian, pemanfaatan teknologi pengawasan operasional seperti GeoAI, DSS, dan MDA masih berada pada tataran rekomendasi pengembangan ke depan, belum menjadi bagian dari implementasi aktual dalam penelitian ini.

Secara akademik, penelitian ini memperkaya kajian interdisipliner antara analisis spasial dan kebijakan publik dalam konteks keamanan maritim, khususnya dalam menghadapi aktivitas ilegal di sektor perikanan dan pertambangan. Secara praktis, hasil analisis spasial dan klasifikasi prioritas ini memberikan masukan konkret bagi pemerintah pusat, Pemerintah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Bakamla RI,

Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta instansi terkait lainnya. Kontribusi praktis tersebut diarahkan untuk menyusun strategi pengawasan, memperkuat penegakan hukum, serta merumuskan kebijakan keamanan maritim yang lebih terarah dan berbasis informasi geospasial.

Berdasarkan temuan penelitian, terdapat empat rekomendasi kebijakan utama yang diajukan. Pertama, optimalisasi pemanfaatan SIG sebagai instrumen pendukung dalam penyusunan prioritas pengawasan berbasis risiko guna menekan aktivitas ilegal. Kedua, penguatan koordinasi dan standarisasi pertukaran data geospasial antarinstansi terkait, seperti KKP, Bakamla, TNI AL, Kepolisian Perairan, dan pemerintah daerah, guna meningkatkan efektivitas penegakan hukum. Ketiga, sinkronisasi antara kebijakan pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, kebijakan pertambangan, serta kebijakan perikanan agar pemanfaatan ruang laut berjalan berkelanjutan dan meminimalkan konflik antarsektor. Keempat, peningkatan kapasitas kelembagaan dan kompetensi sumber daya manusia aparatur dalam analisis spasial dan pengelolaan data maritim sebagai bagian dari penguatan tata kelola keamanan secara menyeluruh.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan karena menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis data sekunder dan kajian spasial, tanpa melakukan validasi lapangan (*ground truth verification*) maupun pengujian implementasi operasional sistem pengawasan secara langsung. Keakuratan analisis sangat bergantung pada ketersediaan, kualitas, dan kemutakhiran data spasial, sehingga potensi keterlambatan pembaruan atau keterbatasan cakupan informasi dapat memengaruhi ketepatan identifikasi wilayah prioritas. Selain itu, penelitian ini belum mengintegrasikan data pengawasan maritim secara *real-time*, seperti AIS, VMS, citra satelit beresolusi tinggi, maupun teknologi GeoAI dalam suatu sistem operasional. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya sangat diperlukan untuk mengembangkan model pengawasan yang lebih komprehensif melalui integrasi berbagai sumber data geospasial dan kecerdasan buatan, guna mendukung sistem pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika ancaman di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.005>
- Bueger, C., & Edmunds, T. (2017). Beyond seablindness: A new agenda for maritime security studies. *International Affairs*, 93(6), 1293–1311. <https://doi.org/10.1093/ia/iix174>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/qj0902027>
- Creswell, J. D. (2018). *Research design qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Denzin, N. K. (1978–01). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods* (2nd ed.). McGraw-Hill Companies.
- Dirhamsyah. (2016). Setbacks in the development of marine protected areas in Indonesia. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 8(2), 87–100. <https://doi.org/10.1080/18366503.2016.1187781>
- FAO. (2024). *FAO publications catalogue 2024*. <https://doi.org/10.4060/cd2332en>
- Ibrahim, H. (2021). Haoulata Ibrahim. In T. R. Mwanaka, L. T. Zita, & B. Moussa (Eds.), *Best "new" African poets anthology 2020* (pp. 465–466). Mwanaka Media and Publishing Pvt Ltd. <https://doi.org/10.2307/jj.8948636.145>

- Ibrahim, D. M., Elshennawy, N. M., & Sarhan, A. M. (2021). Deep-chest: Multi-classification deep learning model for diagnosing COVID-19, pneumonia, and lung cancer chest diseases. *Computers in Biology and Medicine*, 132, Article 104348. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104348>
- International Maritime Organization. (2023). *IMO strategic plan 2024–2029*. IMO. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.348822>
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2019). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625–636. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). *Laporan kinerja direktorat jenderal pengawasan sumber daya Kelautan Dan Perikanan Tahun 2024*. KKP RI. <https://sda.pu.go.id/dokumen/view/laporan-kinerja-direktorat-jenderal-sumber-daya-air-tahun-2024>
- Li, W. (2020). GeoAI: Where machine learning and big data converge in GIScience. *Journal of Spatial Information Science*, (20), 71–77. <https://doi.org/10.5311/josis.2020.20.658>
- Longley, P. A., & Frank Goodchild, M. (2020). Geographic information science and systems. In *International encyclopedia of human geography* (5th ed., pp. 29–36). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102295-5.10557-8>
- Mai, G., Xie, Y., Jia, X., Lao, N., Rao, J., Zhu, Q., Liu, Z., Chiang, Y.-Y., & Jiao, J. (2025). Towards the next generation of geospatial artificial intelligence. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 136, Article 104368. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>
- Millefiori, L. M., Braca, P., Bryan, K., & Willett, P. (2021). Automated vessel behavior analysis from AIS data: A review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Nations, U. (2021). United Nations convention on the law of the sea. *Law of the Sea Bulletin*. <https://doi.org/10.18356/22186018-2021-104-1>
- Nurtjahya, E., Franklin, J., Umroh, & Agustina, F. (2017). The impact of tin mining in bangka belitung and its reclamation studies. *MATEC Web of Conferences*, 101, 04010. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710104010>
- World Bank. (2024). *The blue economy: Development opportunities and challenges*.
- Wright, G. (2019). Alastair Wright. *BMJ*, l5168. <https://doi.org/10.1136/bmj.l5168>