

DATA GEOSPASIAL UNTUK MENDUKUNG DIPLOMASI KEAMANAN MARITIM MENUJU INDONESIA EMAS 2045

(Geospatial Data to Support Maritime Security Diplomacy in Advancing Indonesia Emas 2045)

Bagus Satrio Wicaksono¹, Asep Adang Supriyadi², Syachrul Arief³

^{1,2}Program Studi Keamanan Maritim, Fakultas Keamanan Nasional, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

³Badan Informasi Geospasial, Indonesia

Jln. Dwijaya IV No.24 RT005/RW015, Gandaria Utara, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, 12140

E-mail: bagussatriowckn@gmail.com

Diterima: 18 April 2025; Direvisi: 12 Juni 2025; Disetujui untuk Dipublikasikan: 1 November 2025

ABSTRAK

Pencapaian visi Indonesia Emas 2045 mensyaratkan adanya kedaulatan negara dan pertahanan yang tangguh, di mana keamanan maritim menjadi pilar utamanya. Penelitian ini mengkaji peran strategis data geospasial dalam mendukung diplomasi keamanan maritim untuk mengatasi berbagai ancaman non-tradisional seperti penangkapan ikan ilegal, perompakan, dan sengketa batas wilayah. Keamanan maritim dalam menghadapi ancaman tidak dapat dilakukan tanpa adanya kerjasama antarnegara. Salah satu cara kerjasama tersebut adalah dengan melakukan hubungan internasional. Diplomasi keamanan maritim yang efektif tidak dapat terwujud tanpa didasari oleh bukti yang kuat, di mana data geospasial, melalui teknologi seperti *Geospatial Information System* (GIS) dan *Automatic Identification System* (AIS), mampu menyediakan bukti yang akurat dan sulit disangkal. Pencegahan dan penanggulangan ancaman non-tradisional perairan memiliki dampak yang serius pada keamanan dan stabilitas wilayah maritim. Melalui pendekatan studi literatur, ditemukan bahwa pemanfaatan data geospasial secara signifikan meningkatkan kapasitas Indonesia dalam melakukan pemantauan, analisis, dan penegakan hukum di laut, yang pada gilirannya memperkuat posisi tawar Indonesia dalam forum diplomasi bilateral dan multilateral. Integrasi data geospasial dalam diplomasi keamanan maritim bukan hanya menjadi solusi teknis, melainkan sebuah instrumen strategis yang esensial untuk menjaga kedaulatan dan stabilitas kawasan, sekaligus menjadi fondasi kokoh untuk mewujudkan Indonesia Emas 2045.

Kata kunci: Data Geospasial, Diplomasi Keamanan Maritim, Indonesia Emas 2045, Keamanan Maritim

ABSTRACT

Achieving the 2045 Golden Indonesia vision necessitates robust national sovereignty and a resilient defense posture, with maritime security as a fundamental pillar. This study explores the strategic role of geospatial data in supporting maritime security diplomacy to address non-traditional threats, including illegal fishing, piracy, and maritime boundary disputes. Ensuring maritime security in such contexts requires international cooperation, primarily through diplomatic engagement. Effective maritime security diplomacy must be grounded in verifiable evidence, in which geospatial data—facilitated by technologies such as Geographic Information Systems (GIS) and the Automatic Identification System (AIS)—provide accurate and robust datasets that are difficult to dispute. The prevention and mitigation of non-traditional maritime threats have significant implications for national security and regional stability. Through a literature-based analysis, this research finds that the integration of geospatial data significantly enhances Indonesia's capabilities in maritime surveillance, threat assessment, and law enforcement, thereby reinforcing its position in both bilateral and multilateral diplomatic forums. The use of geospatial information in maritime diplomacy thus functions not only as a technical solution, but as a critical strategic instrument for safeguarding sovereignty and maintaining regional stability, ultimately contributing to the realization of 2045 Golden Indonesia vision.

Keywords: Geospatial Data, Maritime Security Diplomacy, 2045 Golden Indonesia vision, Maritime Security

PENDAHULUAN

Visi Indonesia Emas 2045 merupakan cita-cita besar bangsa untuk menjadi negara maju yang

berdaulat, adil, dan makmur. Salah satu prasyarat mutlak untuk mewujudkan visi tersebut adalah terjaminnya keamanan nasional dan keutuhan wilayah, terutama di domain maritim yang menjadi

halaman depan dan urat nadi perekonomian Indonesia (Sally & Orwela, 2024). Keamanan maritim, yang mencakup perlindungan terhadap sumber daya laut, keselamatan pelayaran, dan penegakan kedaulatan di laut, menjadi fondasi strategis yang tidak bisa ditawar.

Seiring perkembangan lingkungan strategis global, Indonesia dihadapkan pada spektrum ancaman yang semakin kompleks. Ancaman tidak lagi hanya bersifat tradisional (militer), tetapi telah bergeser ke arah ancaman non-tradisional seperti penangkapan ikan ilegal (*illegal fishing*), perompakan, penyelundupan, hingga sengketa batas wilayah perairan (Dewi, 2024). Ancaman-ancaman ini tidak hanya merugikan secara ekonomi, tetapi juga menggerus kedaulatan dan stabilitas keamanan Kawasan (Agarwala, 2021). Penanganan tantangan ini menuntut respons yang cepat, akurat, dan terkoordinasi, yang tidak mungkin dilakukan hanya satu negara.

Melalui diplomasi, Indonesia dapat membangun kerjasama bilateral dan multilateral untuk pertukaran informasi, teknologi, dan pengalaman guna menjaga keamanan maritim secara kolektif. Akan tetapi, diplomasi yang efektif di era modern memerlukan landasan bukti yang kuat (*evidence-based diplomacy*). Di sinilah data geospasial memegang peranan kunci. Data geospasial, yang mencakup informasi lokasi geografis dari citra satelit, *Geographic Information System* (GIS), dan *Automatic Identification System* (AIS), memiliki karakter objektif, akurat, dan dapat diverifikasi secara ilmiah (Muehling, 2025). Karakteristik ini memberikan bobot argumentasi yang sangat kuat dalam forum diplomasi, mengubah klaim verbal menjadi bukti visual yang sulit dibantah.

Geospasial mengacu pada konsep dan teknologi yang berikatan secara langsung pada pengukuran, analisis, dan pemetaan data yang berkaitan pada lokasi geografis muka bumi. Geospasial melingkupi teknologi berbasis *Geographic Information System* (GIS) pada satelit dan sensor-sensor yang dapat dimanfaatkan sebagai alat pengumpulan informasi secara akurat dan terbaru di permukaan bumi (Scianna, 2013). Definisi geospasial juga meliputi analisis dan interpretasi data dalam memberikan gambaran antara hubungan spasial dengan berbagai peristiwa geografis. Perkembangan dan kemajuan teknologi geospasial memberikan dorongan dalam penyusunan rencana strategis di dalam berbagai bidang, termasuk pemetaan, pertahanan, tata ruang, penentuan koordinat dan sebagainya (Erskine *et al.*, 2015).

Kehadiran teknologi informasi dan komunikasi yang semakin canggih membuka peluang besar untuk memanfaatkan data geospasial guna meningkatkan pemantauan, pengelolaan, dan respons terhadap berbagai tantangan keamanan di wilayah maritim Indonesia. Pada mulanya, pemanfaatan geospasial dengan teknologi satelit

didesain untuk menangkal ancaman tradisional dalam aspek intelejen militer (Latif & Agustan, 2017). Hal tersebut bertujuan untuk memaksimalkan daya dan ruang rusak, meminimalisir sasaran yang kurang tepat, serta menekan jumlah korban saat melaksanakan perang (Lestari *et al.*, 2012). Namun, seiring perkembangan lingkungan strategis, kehadiran ancaman non-tradisional seperti aktivitas ilegal seperti pencurian ikan, perompakan, dan perdagangan ilegal menjadi landasan pemanfaatan geospasial untuk melakukan pemantauan yang efektif serta memberikan respon yang cepat terhadap ancaman tersebut (Arto *et al.*, 2021).

Keamanan maritim dalam menghadapi ancaman bukan hanya tanggung jawab satu negara, tetapi membutuhkan kerjasama antarnegara dan lembaga internasional. Salah satu kerjasama tersebut adalah dengan melakukan hubungan internasional maritim yang merupakan penunjang dalam membangun hubungan baik dan memfasilitasi pertukaran informasi serta teknologi antarnegara (Nurjannah & Mokodompit, 2023). Indonesia menegaskan komitmennya untuk membangun dan memperkuat kerja sama bilateral maupun multilateral yang konkret dalam bentuk pertukaran informasi, teknologi, dan pengalaman, guna meningkatkan kapasitas kolektif dalam menjaga keamanan maritim secara efektif. Indonesia juga terus berinvestasi dalam mengembangkan infrastruktur geospasial dengan cara meningkatkan jaringan sensor, satelit, dan sistem pemantauan laut. Hal tersebut bertujuan untuk melakukan pengumpulan data yang lebih akurat dan real-time, serta memperkuat kapasitas Indonesia dalam melindungi perairannya (Sirait, 2016).

Dalam era globalisasi ini, penggunaan teknologi satelit dan GIS menjadi semakin penting sebagai strategi suatu negara untuk mengamankan wilayah maritimnya. Dengan kata lain, teknologi satelit dan GIS dapat berfungsi sebagai alat diplomasi strategis dalam merumuskan kebijakan keamanan maritim, khususnya untuk memantau aktivitas kapal dan infrastruktur laut (Kanjir, 2019). Data geospasial memiliki karakter objektif, presisi tinggi, dan berbasis bukti, menjadikannya alat yang kredibel dalam diplomasi, terutama saat menghadapi pelanggaran wilayah atau penyusunan klaim maritim. Karakteristik ini memperkuat posisi tawar Indonesia dalam forum internasional berbasis data dan fakta. Maka dari itu, teknologi geospasial dapat dimanfaatkan sebagai sarana pemantauan kolektif yang efektif dalam mendukung keamanan maritim kawasan secara terintegrasi.

Sebagai ilustrasi, kawasan Laut Natuna Utara kerap kali terdeteksi keberadaan kapal penjaga pantai dan kapal ikan asing yang memasuki wilayah Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia, khususnya yang berasal dari negara-negara yang memiliki klaim tumpang tindih di Laut Cina Selatan. Dalam situasi seperti ini, Indonesia dapat memanfaatkan data

geospasial, seperti citra satelit dan rekaman AIS, untuk mendokumentasikan pelanggaran tersebut secara akurat dan obyektif (Sosnowski et al. 2024). Selanjutnya, data ini dapat dijadikan dasar dalam membangun kerja sama bilateral atau trilateral dengan negara-negara mitra—misalnya melalui mekanisme ASEAN atau Indian Ocean Rim Association (IORA)—untuk mengangkat isu tersebut ke forum internasional (Techera, 2023; Prayoga, 2022)). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, tetapi juga memperkuat posisi diplomatik Indonesia dalam memperjuangkan kepentingan maritimnya di tengah dinamika geopolitik regional.

Dalam rangka mewujudkan visi Indonesia Emas 2045, diplomasi keamanan maritim perlu didukung oleh pemanfaatan data geospasial yang terintegrasi antarnegara. Melalui kerja sama berbasis GIS, pengawasan wilayah maritim dapat diperkuat dan potensi pelanggaran, seperti aktivitas ilegal lintas batas, dapat dideteksi secara lebih akurat. Data geospasial tidak hanya diposisikan sebagai alat bantu teknis, melainkan telah dimanfaatkan sebagai instrumen strategis yang memperkuat diplomasi keamanan dan mendukung terciptanya stabilitas kawasan secara kolektif (Julian, 2021). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam membangun fondasi kuat bagi Indonesia untuk meraih status Indonesia Emas 2045. Data geospasial yang mendukung aktivitas hubungan internasional keamanan maritim akan menjadi instrumen strategis ditengah dinamika perairan yang semakin kompleks.

METODE

Pendekatan penelitian ini menggunakan studi literatur yang mencakup serangkaian kegiatan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai peran data geospasial dalam mendukung diplomasi keamanan maritim. Kajian ini dilakukan melalui telaah terhadap karya-karya ilmiah, literatur, dan dokumen penelitian terkini yang relevan dengan isu tersebut (Sabarguna, 2005). Pendekatan ini bertujuan untuk membangun kerangka konseptual yang kokoh tentang keterkaitan antara pemanfaatan data geospasial dan diplomasi keamanan maritim sebagai bagian dari upaya strategis Indonesia dalam mewujudkan visi Indonesia Emas 2045. Data yang dianalisis merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber seperti penelitian terdahulu, buku, jurnal, artikel, situs daring, dan dokumen relevan lainnya (Putri et al., 2020). Untuk mengetahui lebih jelas alur penelitian tersaji pada

Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Teknologi Geospasial

Penggunaan teknologi geospasial memberikan peluang baru dalam pencegahan dan penanggulangan ancaman non-tradisional seperti pembajakan, perompakan, illegal fishing, dan overlapping batas wilayah perairan yang kerap kali terjadi pada wilayah dengan teritorial yang luas dan terisolasi. GIS dapat membantu dalam operasional pemantauan dan analisis pergerakan ancaman non-tradisional dengan analisis geospasial satelit. Beberapa kasus, GIS mampu memantau secara lebih cepat dari laporan berwenang guna melacak alur kejahatan dan mengidentifikasi cukup daerah yang rentan (Daxecker & Prins, 2021).

Pengidentifikasian rute jalur kejahatan dapat ditemukan pada potret satelit yang akan lebih efektif dan efisien dengan pengintegrasian teknologi *Automatic Identification System* (AIS) dengan data geospasial. Pelacakan menggunakan AIS diharapkan mampu dilakukan secara real-time dalam memantau aktivitas kapal tradisional dan modern di batas yuridiksi suatu negara. GIS memungkinkan pemantauan lebih efektif terhadap aktivitas nelayan yang melanggar batas-batas teritorial dan zona ekonomi eksklusif. Dengan menggunakan teknologi pemantauan satelit dan sensor, pihak berwenang dapat mendeteksi aktivitas penangkapan ikan ilegal dan mengambil langkah-langkah penegakan hukum yang sesuai (Matwin, 2016).

Geographic Information Systems (GIS) berperan strategis sebagai alat untuk berbagi data

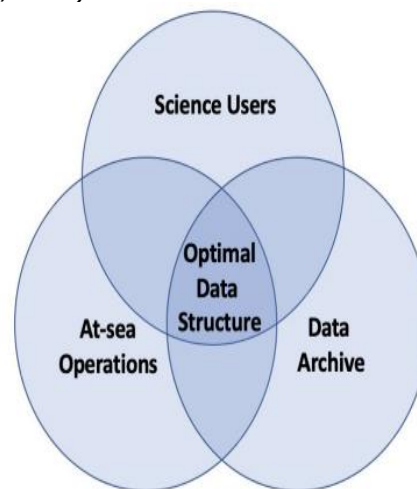
dan informasi lintas batas, yang memungkinkan kerja sama antarnegara dalam memantau serta merespons kejadian di wilayah perairan bersama (Laskey et al., 2010). Kolaborasi transnasional semacam ini dapat memperkuat upaya keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya kelautan sekaligus memitigasi dampak negatif dari ancaman non-tradisional yang terus berkembang. Seiring kemajuan teknologi geospasial, integrasi data yang lebih komprehensif dan kemampuan analisis spasial yang semakin canggih diharapkan mampu meningkatkan efektivitas respons terhadap dinamika perubahan lingkungan laut. Kesadaran kolektif mengenai pentingnya pemanfaatan teknologi geospasial pada keamanan maritim dan keberlanjutan sumber daya menjadi elemen kunci dalam menjaga stabilitas ekosistem laut serta melindungi kepentingan bersama di wilayah perairan teritorial (Lestari et al., 2012).

Pemanfaatan Penginderaan Jauh Pada Lalu Lintas Maritim

Seiring dengan perkembangan kepentingan teknologi geospasial, pelacakan pergerakan ancaman di laut mengalami perubahan yang signifikan. Sebagai negara kepulauan dengan wilayah laut yang sangat luas, Indonesia menghadapi tantangan signifikan dalam melakukan pemantauan jalur pergerakan secara manual, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga kurang efisien. Pemanfaatan teknologi geospasial memungkinkan pemantauan jalur ancaman dilakukan dengan cara yang lebih efisien, efektif, dan akurat. Teknologi ini mampu mendeteksi pola-pola mencurigakan, seperti pergerakan tidak beraturan, kecepatan tinggi, serta keberadaan kapal di wilayah-wilayah yang dikenal rawan aktivitas kriminal (Wang et al., 2013). Selain itu, penggunaan data satelit dalam sistem geospasial dapat secara substansial mengurangi biaya identifikasi dan analisis ancaman, sehingga proses tanggap darurat dan penyelidikan lanjutan dapat dilakukan secara lebih cepat dan tepat. Pemanfaatan teknologi geospasial untuk pelacakan jalur ancaman menawarkan berbagai keuntungan, termasuk kemampuan untuk mengidentifikasi lokasi, menganalisis tingkat risiko, mengoptimalkan pengawasan, mempercepat pengambilan keputusan, serta meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam operasi penyelamatan (Quininez & Lopez, 1997).

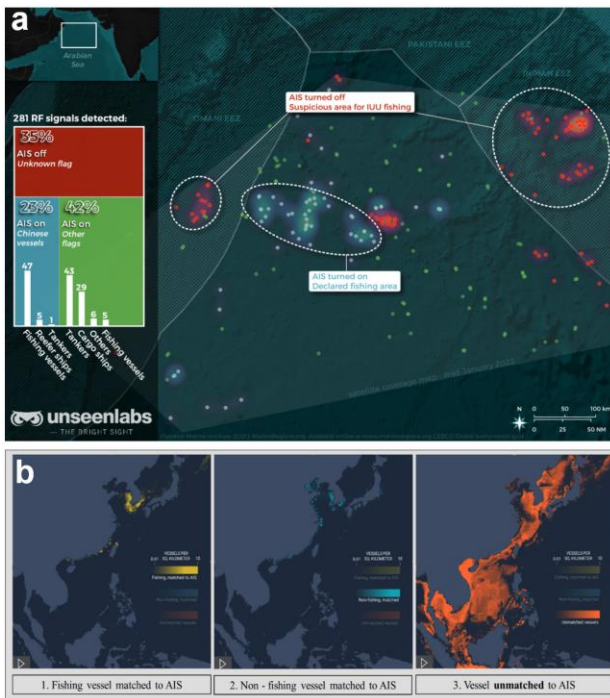
Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam lalu lintas maritim perlu adanya peningkatan keamanan yang memenuhi kebutuhan tim operasi di laut (Durlik et al., 2023). Pengelolaan

data yang terkoordinasi, bersama dengan pemeliharaan dan pengembangan perangkat lunak pendukung, menjadi kunci untuk memastikan ketersediaan dan aksesibilitas informasi secara *real-time* (Liu et al., 2021). Standarisasi struktur data dan protokol komunikasi antar kendaraan laut juga diperlukan agar proses akuisisi data menjadi lebih efisien dan konsisten. Lebih lanjut, pengelolaan, pembuatan versi, dan pemeliharaan perangkat lunak yang optimal akan memperkuat infrastruktur digital dalam sistem lalu lintas maritim berbasis penginderaan jauh, memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap dinamika laut serta mendukung keputusan operasional yang lebih akurat dan berbasis data seperti pada **Gambar 2** (Progoulakis et al., 2021).



Gambar 2. Manajemen Pemanfaatan Data Geospasial
Sumber: Ferrini & Tika, 2021

Salah satu implementasi nyata dari integrasi sistem informasi geospasial dan teknologi penginderaan jauh dalam mendukung keamanan maritim adalah melalui pemanfaatan citra satelit, seperti NOAA-AVHRR. Satelit ini dilengkapi dengan sensor yang mampu mendeteksi distribusi suhu permukaan laut, sehingga memungkinkan identifikasi dini terhadap aktivitas penangkapan ikan ilegal (Surahman et al., 2015). Kerentanan terhadap praktik *illegal fishing* oleh kapal asing menjadi tantangan serius. Melalui analisis suhu permukaan laut dan *thermal front* menggunakan data citra satelit, otoritas maritim dapat menentukan zona-zona rawan untuk penempatan operasi pemantauan dan penegakan hukum secara lebih terarah (Prathap & Ramesha, 2020). Sebagai contoh, di wilayah perairan Natuna, Kepulauan Riau, yang dikenal sebagai *hotspot* aktivitas *illegal fishing*, teknologi geospasial terbukti efektif dalam mendeteksi dan mendokumentasikan pola pergerakan kapal asing secara visual, pada **Gambar 3** (Muhammad, 2016).



Gambar 3. (a) S-AIS & RF, (b) S-AIS dan VIIRS

Sumber: ciasp.scholasticahq.com

Geospasial dalam Mendukung Operasi Ancaman

Banyaknya pelanggaran dan ancaman di perairan laut Indonesia, mengharuskan penggunaan GIS lebih optimal. Data geospasial dimanfaatkan untuk upaya kontraterorisme maritim dan meningkatkan keamanan Pelabuhan (Teniwut *et al.*, 2022). Terorisme maritim menimbulkan ancaman signifikan terhadap keamanan dan perdagangan global. Pelabuhan berperan sebagai titik strategis dalam sistem transportasi maritim, tidak hanya sebagai pusat logistik dan distribusi, tetapi juga sebagai simpul kritis dalam sistem keamanan maritim, mengingat fungsinya dalam mengawasi arus kapal, mendeteksi potensi ancaman, serta mendukung operasi pengamanan wilayah laut (Wang *et al.*, 2022). SIG dapat mengintegrasikan data dari sistem pengawasan, sensor, dan sumber intelijen untuk memantau area kritis dan mendeteksi potensi ancaman. Risiko keamanan siber maritim dapat menggunakan model 3D dan metode AHP-TOPSIS hibrid, mengidentifikasi kerentanan utama dalam prosedur perusahaan dan sistem kapal (I. N. Putra *et al.*, 2023).

Geofencing dan pemrosesan kejadian kompleks dapat memicu peringatan untuk aktivitas yang tidak sah (**Gambar 4**). Teknologi geospasial meningkatkan kesadaran situasional bagi personel keamanan, memungkinkan respons cepat terhadap potensi serangan teroris dan meningkatkan keamanan pelabuhan secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan data geospasial untuk pengawasan dan penilaian ancaman, Indonesia dapat memperkuat kemampuan kontraterorisme

maritimnya dan melindungi infrastruktur vital (**Gambar 5**).



Gambar 4. Aktivitas ilegal kapal Vietnam

Sumber: oceanjusticeinitiative.org



Gambar 5. Peta Kerentanan Keamanan Maritim Indonesia

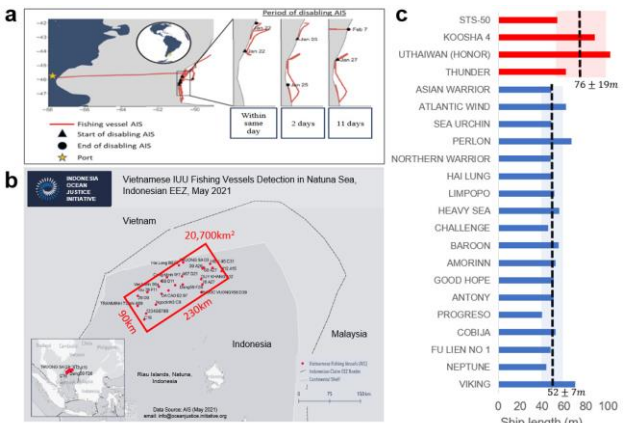
Sumber: bakamla.go.id

Penggunaan GIS mampu memberikan keputusan yang tepat dan menjadi kekuatan dalam melakukan hubungan internasional antarnegara agar tidak terjadi lagi pelanggaran dan kejahatan lainnya (Shalihati, 2014). Keberhasilan operasi batas teritorial di Indonesia yang memanfaatkan teknologi geospasial menjadi kesempatan besar untuk pengelolaan sumberdaya yang lebih baik. Pada tahun 2022, terjadi pembajakan kapal tanker SPOB Graha 21 di Perairan Morose, Sulawesi Tenggara sewaktu labuh jangkar tanpa bergerak, kelompok pembajak bersenjata tajam berhasil membajak kapal tersebut, dan selama proses pembajakan mereka mengambil alih kendali kapal dan barang-berharga milik kapal dan ABK (Darmawan, 2022). Kemudian di tahun 2016, Pangkalan TNI Angkatan Laut (Lanal) Tanjungbalai Karimun mendapati dua kapal Indonesia, yakni kapal tunda Brahma 12 dan kapal tongkang Anand 12 dilakukan perompakan oleh kelompok Abu Sayyaf, kedua kapal membawa 7.000-ton Batubara dan 10 awak kapal (Kompas, 2016; CNN Indonesia, 2016).

Berdasarkan data dari Komando Armada I, setidaknya terdapat pelanggaran yang terdeteksi

oleh AIS di perairan Laut Natuna Utara sebanyak kurang lebih 80 pelanggaran dari tahun 2020-2022. Sebanyak 70% diantaranya adalah kapal kapal nelayan, 20% adalah kapal *costguard*, dan 10% lainnya adalah kapal perang China yang memasuki wilayah yuridiksi laut Indonesia. Selain itu, pada tahun 2022 aparat keamanan Indonesia berhasil menangkap kapal nelayan asing yang mencuri ikan di perairan Natuna dan berhasil menangkap kapal penyelundup yang membawa 90-ton bahan bakar minyak ilegal di perairan Selat Malaka (Wiyoga, 2022). Penangkapan tersebut dilakukan dengan memanfaatkan data satelit navigasi untuk melacak pergerakan kapal secara *real-time* terhadap aktivitas kapal yang mencurigakan (Zhang *et al.*, 2021). Dengan memanfaatkan teknologi geospasial, petugas keamanan dapat lebih mudah untuk mendeteksi dan melacak pelanggaran batas teritorial, sehingga dapat mencegah dan menangani tindak kriminal di wilayah perbatasan secara lebih efektif (Noldus *et al.*, 2001).

Sebagai contoh pemanfaatan AIS pada **Gambar 6** memetakan panjang kapal yang terlibat dalam IUUF di kawasan ASEAN antara tahun 2015 dan 2021 (Sekretariat RPOA-IUU, 2021). Semua kapal ini berbobot 300 GT ke atas, yang berarti harus dilengkapi dengan AIS. Panjang kapal-kapal ini bervariasi dari 40-meter hingga 102-meter. Panjang rata-rata kapal pendingin atau kapal pasokan (merah) adalah 76 ± 19 -meter sedangkan panjang kapal penangkap ikan (biru) adalah 52 ± 7 -meter.



Gambar 6. (a) Kapal menonaktifkan AIS-nya pada durasi waktu yang berbeda untuk mengaburkan aktivitas ilegalnya. (b) Titik panas aktivitas gelap AIS di Indonesia. (c) Panjang kapal IUUF yang terlihat antara tahun 2015–2021 di kawasan ASEAN.

Sumber: Leong, 2025

Geospasial dalam Mendukung Hubungan internasional

Hubungan internasional antarnegara mendorong penguatan sumberdaya maritim menjadi lebih stabil. Kestabilan maritim akan berdampak

pada hubungan geopolitik antarnegara dengan kerjasama pertukaran informasi data geospasial (Wicaksono *et al.*, 2024). Dalam konteks pertahanan dan keamanan, penggunaan satelit dan GIS memiliki hubungan yang signifikan dalam menghadapi dinamika geopolitik di kawasan maritim (Fajri, 2020). Pemanfaatan data geospasial menjadi kunci penting untuk merumuskan strategi pertahanan yang efektif dan adaptif, serta menjadi sarana untuk melakukan hubungan internasional (Palmer, 2020). Hubungan internasional dalam keamanan maritim menjadi semakin esensial dalam mengelola ketegangan keamanan di laut, mengingat pentingnya sumber daya laut dan jalur pelayaran internasional yang melintasi perairan Indonesia (Padmaja, 2015). Melalui pendekatan hubungan internasional, Indonesia dapat membangun kerja sama dengan negara-negara tetangga dan pihak-pihak terkait untuk meningkatkan koordinasi dalam menjaga keamanan maritim (Frost *et al.*, 2021), sebagaimana pada **Table 1**.

Tabel 1. Aplikasi Data Geospasial dalam Hubungan internasional Keamanan Maritim Indonesia

Area Aplikasi	Teknologi Geospasial yang Digunakan	Kontribusi terhadap Indonesia Emas 2045
Kesadaran Situasional Maritim	GEOINT, GIS, Penginderaan Jauh (Citra Satelit, UAV), GNSS-R	Meningkatkan pemahaman dan pemantauan wilayah maritim untuk keamanan dan pengelolaan sumber daya.
Delimitasi Batas Maritim	GIS, Citra Satelit, Batimetri, Data Geodetik, CARIS LOTS	Menetapkan batas maritim yang jelas dan diakui secara internasional, mendukung kedaulatan.
Negosiasi Pengelolaan Sumber Daya	GIS, Penginderaan Jauh (Citra Satelit)	Memfasilitasi negosiasi berbasis bukti untuk pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan.
Kolaborasi Keamanan Internasional	Platform Berbagi Data, IHDC	Meningkatkan kerja sama dan interoperabilitas dengan mitra internasional untuk keamanan maritim.
Identifikasi Ancaman	GIS, Analisis Hotspot, Data AIS, Penginderaan Jauh	Memprediksi, mendeteksi, dan menanggapi aktivitas ilegal secara efektif.
Kontraterorisme dan Keamanan	GIS, Sistem Pengawasan,	Meningkatkan kesadaran

Area Aplikasi		Teknologi Geospasial yang Digunakan	Kontribusi terhadap Indonesia Emas 2045
Pelabuhan		Sensor	situasional dan respons terhadap ancaman teroris di laut dan pelabuhan.
Tata Kelola Maritim		GIS, MSP	Memfasilitasi perencanaan tata ruang laut yang efektif dan pemantauan aktivitas maritim.
Penegakan Hukum		GEOINT, Sistem Terintegrasi (AIS)	Menyediakan informasi akurat untuk penegakan hukum maritim dan penuntutan kejahatan.

Penguatan hubungan internasional dalam bidang keamanan maritim yang berbasis pada pemanfaatan data geospasial dapat meningkatkan posisi strategis Indonesia dalam berbagai forum global, sekaligus mendorong terciptanya perdamaian, stabilitas, dan keadilan di kawasan maritim internasional. Lebih lanjut, implementasi kebijakan yang inklusif dan berkelanjutan menjadi komponen esensial dalam membangun ekosistem keamanan maritim yang tangguh dan adaptif terhadap dinamika ancaman global (Mitchell, 2020).

Pengembangan Indikator Spasial untuk Mendukung Hubungan internasional Keamanan Maritim Proaktif

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan percepatan pertumbuhan ekonomi nasional, pengembangan sistem deteksi dini (*early warning system*) berbasis data geospasial menjadi semakin mendesak sebagai instrumen strategis dalam mendukung stabilitas dan ketahanan wilayah maritim Indonesia (Zissis et al., 2020). Dengan memanfaatkan citra satelit resolusi tinggi, data AIS, serta data cuaca dan oseanografi, indikator spasial dapat diformulasikan untuk mengidentifikasi potensi konflik atau anomali aktivitas maritim sejak dini (Rawson et al., 2021). Formulasi indikator spasial meliputi, intensitas dan pola lalu lintas kapal berdasarkan kategori (sipil, militer, logistik), frekuensi hilangnya sinyal AIS di wilayah-wilayah rawan, perubahan garis pantai atau zona ekonomi eksklusif (ZEE) yang bersifat anomali, serta *overlay* data aktivitas ekonomi maritim ilegal dengan peta yurisdiksi maritim Indonesia. Kombinasi indikator dapat dimodelkan secara dinamis menggunakan pendekatan geostatistik dan analisis spasial temporal, menghasilkan peta risiko maritim yang informatif dan prediktif (Wolsing et al., 2022). Tidak hanya memperkuat fungsi pertahanan, tetapi juga

mendukung posisi diplomatik Indonesia dalam forum regional seperti ASEAN *Defence Ministers' Meeting* (ADMM) dan *Indian Ocean Rim Association* (IORA).

Penentuan prioritas kebijakan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan dampak ekonomi yang ditimbulkan oleh berbagai ancaman maritim. Pada tahun 2019, total kerugian ekonomi akibat ancaman-ancaman maritim di kawasan ASEAN diperkirakan mencapai sekitar USD\$10,8 miliar. Kerugian ini terbagi ke dalam tiga kelompok utama: (1) sekitar USD\$3,5 miliar (32%) berasal dari kejadian-kejadian seperti insiden laut, aksi terorisme, pencurian, perampokan, serta pembajakan, berdasarkan klaim asuransi terhadap kargo dan lambung kapal (International Union of Marine Insurance, 2021); (2) sekitar USD\$1,3 miliar (12%) diakibatkan oleh isu-isu terkait perlindungan lingkungan laut (Long, 2020); dan (3) sekitar USD\$6,0 miliar (56%) disebabkan oleh praktik penangkapan ikan yang ilegal, tidak dilaporkan, dan tidak diatur (Illegal, Unreported, and Unregulated Fishing/IUUF) (Malik, 2023).

Walaupun estimasi kerugian dari ancaman non-tradisional dapat dihitung secara kasar, menilai dampak ekonomi dari ancaman tradisional secara kuantitatif masih menjadi tantangan. Kendati demikian, penerapan kebijakan yang difokuskan pada penanganan ancaman dengan beban ekonomi besar dapat dijadikan landasan kuat bagi alokasi anggaran negara. Terlebih lagi, karena berbagai bentuk ancaman maritim tersebut saling berkaitan, upaya penanggulangan terhadap satu isu tertentu berpotensi mendukung pengurangan risiko dari ancaman maritim lainnya secara bersamaan.

Pemanfaatan indikator spasial sebagai alat bantu pengambilan keputusan memperkuat paradigma *proactive maritime security diplomacy*, di mana kebijakan luar negeri maritim tidak hanya bersifat reaktif terhadap insiden, tetapi berbasis pada bukti (*evidence-based diplomacy*). Sistem ini dapat dikembangkan dalam bentuk *Maritime Spatial Intelligence Platform* (MSIP) atau *ecosystem-based Marine Spatial Planning* (MSP) yang berfungsi sebagai hub intelijen geospasial (Triana & Wahyudi, 2020). Platform tersebut dapat menyajikan dashboard interaktif yang memvisualisasikan indikator spasial secara tematik dan prediktif untuk mendukung perundingan bilateral maupun penyusunan nota diplomatik dalam menghadapi pelanggaran batas wilayah laut, terutama untuk memahami kegiatan pelayaran dan perikanan (Dupont et al., 2020).

Kebutuhan akan sistem terintegrasi semakin relevan dengan meningkatnya kompleksitas arena maritim global. Sebagai contoh, dalam konflik Laut Natuna Utara, pemetaan spasial atas aktivitas kapal asing berdasarkan data AIS dengan memperkuat kebijakan data satu peta dan citra radar satelit dapat digunakan sebagai bukti diplomatik dalam forum internasional sesuai UU No. 4 tahun 2011.

Integrasi data geospasial ke dalam sistem keamanan dan hubungan internasional menghasilkan peningkatan kapabilitas deteksi dini dan kredibilitas internasional dalam menjaga yurisdiksi maritim (Fasoulis, 2021; Manantan, 2021). Oleh karena itu, pengembangan sistem yang tidak hanya teknologis, tetapi juga *interoperable* secara kelembagaan, menjadi langkah strategis menuju hubungan internasional keamanan maritim yang adaptif dan berbasis pengetahuan. Dengan pendekatan *whole-of-government*, pemerintah Indonesia dapat memastikan bahwa data spasial menjadi landasan utama dalam menyusun kebijakan keamanan maritim yang inklusif, akurat, dan berdaya tawar tinggi. Selain mendukung klaim kedaulatan, sistem ini akan memperkuat posisi Indonesia sebagai kekuatan maritim yang aktif dalam membentuk tatanan keamanan kawasan Indo-Pasifik yang damai dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Studi ini menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi geospasial telah mengalami pergeseran paradigma dari sekadar alat pemetaan statis menuju peran strategis sebagai platform intelijen maritim yang adaptif dan responsif. Integrasi antara data *Automatic Identification System* (AIS), citra satelit resolusi tinggi, serta sensor oseanografi dalam sistem pengawasan wilayah laut terbukti mampu meningkatkan efektivitas deteksi, pemantauan, dan penindakan terhadap ancaman non-tradisional di perairan Indonesia, seperti pembajakan, perompakan, *illegal fishing*, dan pelanggaran batas yurisdiksi.

Temuan utama dalam penelitian ini adalah munculnya peran baru geospasial sebagai fondasi diplomasi keamanan maritim berbasis bukti (*evidence-based maritime security diplomacy*). Pendekatan ini dapat menguatkan posisi Indonesia dalam forum internasional melalui penyajian data spasial yang kredibel, valid, dan dapat diverifikasi sebagai bukti terhadap pelanggaran kedaulatan maritim. Teknologi geospasial tidak hanya mendukung pengambilan keputusan taktis, tetapi juga menjadi sarana strategis untuk membangun kepercayaan antarnegara dan memperkuat klaim yurisdiksi maritim secara diplomatik. Formulasi indikator spasial berbasis integrasi AIS, citra satelit, dan data oseanografi yang berfungsi sebagai sistem peringatan dini terhadap aktivitas anomali di laut. Model ini bersifat prediktif dan dapat digunakan untuk menyusun peta risiko maritim yang mendukung kebijakan keamanan laut secara dinamis dan proaktif. Dengan demikian, pengembangan platform intelijen spasial maritim nasional yang interoperabel lintas lembaga menjadi langkah strategis dalam menciptakan ekosistem keamanan laut yang berkelanjutan dan berdaya saing tinggi. Hal ini menjadi komponen esensial dalam

mendukung terwujudnya visi Indonesia Emas 2045 yang tangguh di sektor pertahanan, keamanan, dan kedaulatan maritim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Asep Adang Supriyadi atas dukungan, wawasan, dan dorongan yang sangat berharga dalam proses penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwala, N. (2021). Maritime sector as a growth engine for Vietnam. *The Journal of Territorial and Maritime Studies*, 8(2), 74-97.
- Arto, R. S., Prakoso, L. Y., & Sianturi, D. (2021). Strategi Pertahanan Laut Indonesia dalam Perspektif Maritim Menghadapi Globalisasi. *Jurnal Strategi Pertahanan Laut*, 6(3).
- Badan Keamanan Laut Website*. (n.d.). Retrieved July 4, 2025, from <https://bakamla.go.id/>
- CNN Indonesia. (2016, April 26). Abu Sayyaf sandera 10 WNI di Filipina. <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20160426113129-106-125857/abu-sayyaf-sandera-10-wni-di-filipina>
- Darmawan, Reza K. 2022. Perompak Bersenjata Tajam Bajak Kapal Tanker di Perairan Sultra, Ancam Nakhoda dan Ikat ABK. https://regional.kompas.com/read/2022/01/10/140440578/perompak-bersenjata-tajam-bajak-kapal-tanker-di-perairan-sultra-ancam?page=all&lg_method=google
- Daxecker, U., & Prins, B. (2021). *Pirate lands: Governance and maritime piracy*. Oxford University Press.
- Dewi, U. N. M. (2024, January). Forced Migration in Southeast Asian: Policies and Migration Governance. In *Proceedings of the Southeast Asian Conference on Migration and Development (SeaCMD 2023)* (Vol. 16, p. 132). Springer Nature.
- 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.
- Erskine, M. A., Gregg, D. G., Karimi, J., & Scott, J. E. (2015). Geospatial reasoning ability: definition, measurement and validation. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(6), 402-412.
- Fajri, M. B. (2020). Strategi Pertahanan Maritim Indonesia Di Tengah Dinamika Perang Hibrida Kawasan Laut China Selatan. *Jurnal Penelitian Politik*, 17(1), 59-78.
- Fasoulis, I. (2021). Governing the oceans: A study into Norway's ocean governance regime in the wake of United Nations Sustainable Development Goals. *Regional Studies in Marine Science*, 48, 101983.
- Ferrini dan Tina. 2021. Developing a New Vision for NDSF Data Management. National Deep Submergence Facility. https://www.unols.org/sites/default/files/202106des_ap12.pptx.pdf
- Frost, M. T., Licocci, G., & Wright, J. (2021). Marine journals, maritime territorial disputes and science-diplomacy. *Journal of the Marine Biological*

- Association of the United Kingdom, 101(2), 217-219.
- IUU Fishing Di Laut Natuna Utara, Laut Sulawesi Dan Selat Malaka - Juni 2021 - Indonesia Ocean Justice Initiative. (n.d.). Retrieved July 4, 2025, from https://oceanjusticeinitiative.org/id/iuu-fishing-di-natuna-sulawesi-selat-malaka-juni-2021/?utm_source=chatgpt.com
- Julian, H. D. (2021). Pelatihan Solusi Pemulihan Ekonomi Berbasis Teknologi Geospasial untuk Pemerintah Daerah. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 5(1), 534-538.
- Kanjir, U. (2019). Detecting migrant vessels in the Mediterranean Sea: Using Sentinel-2 images to aid humanitarian actions. *Acta Astronautica*, 155, 45-50.
- Karlina, T., & Johan, W. (2020). GIS developments for ecosystem-based marine spatial planning and the challenges faced in Indonesia. *ASEAN Journal on Koarmada 1*. 2023. Data Pelanggaran di Laut Natuna Utara.
- Kompas.com. (2016, April 26). 2 Kapal asal Indonesia dibajak di Filipina, 10 WNI disandera. Kompas. <https://nasional.kompas.com/read/2016/04/26/07274911/2.Kapal.Asal.Indonesia.Dibajak.di.Filipina.10.WNI.Disandera>
- Kost, G. J. (2019). Geospatial science and point-of-care testing: creating solutions for population access, emergencies, outbreaks, and disasters. *Frontiers in Public Health*, 7, 329.
- Lanal Tanjungbalai. 2016. Dua kapal Indonesia dibajak di Filipina, 10 WNI disandera. https://www.bbc.com/indonesia/berita_indonesia/2016/03/160329_indonesia_kapal_dibajak_filipina
- Laskey, K. B., Wright, E. J., & da Costa, P. C. (2010). Envisioning uncertainty in geospatial information. *International journal of approximate reasoning*, 51(2), 209-223.
- Latif, A., & Agustan, A. (2017). Karakteristik Geospasial Sebagai Dasar Perencanaan Untuk Memperkuat Ketahanan Perbatasan NKRI (Studi Kasus; Perencanaan Kota Perbatasan Distrik Sota-PNG, Merauke, Provinsi Papua). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 23(3), 263-279.
- Leong, P. K. (2025). Securing Malaysia's maritime environment using space-derived services. *Contemporary Issues in Air and Space Power*, 3(1), bp42323989.
- Lestari, P., Prabowo, A., Ishak, A., Junaedi, F., Budi, S., & Widodo, Y. (2012). Komunikasi Militer.
- Lestari, P., Prabowo, A., Ishak, A., Junaedi, F., Budi, S., & Widodo, Y. (2012). Komunikasi Militer.
- Liu, J., Li, C., Bai, J., Luo, Y., Lv, H., & Lv, Z. (2021). Security in IoT-enabled digital twins of maritime transportation systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(2), 2359-2367.
- Long, B. (2020). *Sampah laut merugikan ekonomi Asia-Pasifik sebesar US\$10,8 miliar setiap tahunnya: laporan*. Universitas Wollongong. <https://www.uow.edu.au/media/2020/marine-debris-costs-asia-pacific-economies-us108b-annually-report-.php>
- Malik, A. (2023). *Bagaimana ASEAN Dapat Memenangkan Perang Melawan Penangkapan Ikan Ilegal dan Tidak Teratur*. The Diplomat. <https://thedi diplomat.com/2023/08/how-asean-can-win-its-war-against-illegal-and-unregulated-fishing/>
- Manantan, M. B. F. (2021). Advancing cyber diplomacy in the Asia Pacific: Japan and Australia. *Australian Journal of International Affairs*, 75(4), 432-459.
- Mitchell, S. M. (2020). Clashes at sea: explaining the onset, militarization, and resolution of diplomatic maritime claims. *Security studies*, 29(4), 637-670.
- Muehling, S. M. K. (2025). Smart Marine Protected Areas: Innovative Technologies and Adaptive Management Models. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 13(5), 20-38
- Muhamad, S. V. (2016). Illegal fishing di perairan Indonesia: permasalahan dan upaya penanganannya secara bilateral di kawasan. *Jurnal Politica Dinamika Masalah Politik Dalam Negeri dan Hubungan Internasional*, 3(1).
- Noldus, L. P., Spink, A. J., & Tegelenbosch, R. A. (2001). EthoVision: a versatile video tracking system for automation of behavioral experiments. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 33, 398-414.
- Nurjannah, I., & Mokodompit, E. A. (2023). Implikasi Kebijakan Kelautan Indonesia Dalam Pengembangan Ekonomi Maritim.
- Padmaja, G. (2015). Modi's Maritime diplomacy: A strategic opportunity. *Maritime Affairs: Journal of the National Maritime Foundation of India*, 11(2), 25-42.
- Palmer, H. D., Pruett, L., Christensen, K., & Penman, T. (2000). GIS applications to maritime boundary definitions: diplomacy on and under the sea.
- Persatuan Asuransi Kelautan Internasional. (2021). *Analisis IUMI tahun 2021 tentang pasar asuransi kelautan global* [Laporan Statistik IUMI 2021]. <https://iumi.com/wp-content/uploads/2025/02/IUMI-Stats-Report-2021.pdf>
- Prathap, B. R., & Ramesha, K. (2020). Geospatial crime analysis to determine crime density using Kernel density estimation for the Indian context. *J Comput Theor Nanosci*, 171, 74-86.
- Prayoga, P. (2022). The Indonesian Political-Economy: Maritime Development in Fisheries and Commerce. In *ASEAN Maritime Security: The Global Maritime Fulcrum in the Indo-Pacific* (pp. 43-63). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Progoulakis, I., Rohmeyer, P., & Nikitakos, N. (2021). Cyber physical systems security for maritime assets. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(12), 1384.
- Putra, I., Octavian, A., Susilo, A., & Prabowo, A. (2023). A hybrid AHP-TOPSIS for risk analysis in maritime cybersecurity based on 3D models. *Decis. Sci. Lett*, 12(4), 759-772.
- Putri, F. A., Bramasta, D., & Hawanti, S. (2020). Studi literatur tentang peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran menggunakan model pembelajaran the power of two di SD. *Jurnal Educatio Fkip Unma*, 6(2), 605-610.
- Rawson, A., Sabeur, Z., & Brito, M. (2022). Intelligent geospatial maritime risk analytics using the Discrete Global Grid System. *Big Earth Data*, 6(3), 294-322.
- Rumetna, M. S. (2018). Pemanfaatan Cloud Computing Pada Dunia Bisnis: Studi Literatur. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(3), 305-314. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201853595>
- Sabarguna, B.S. 2005. Analisis Data pada Penelitian Kualitatif. Jakarta: UI Press.
- Sally, N. U., & Orwela, C. Analysis of International

- Relations Theory Toward the Prospective Foreign Policy in the Vision and Mission of Indonesian Presidential Candidates 2024. Scianna, A. (2013). Experimental studies for the definition of 3D geospatial web services. *Applied Geomatics*, 5(1), 59-71.
- Shalihati, S. F. (2014). Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Dalam Pembangunan Sektor Kelautan Serta Pengembangan Sistem Pertahanan Negara Maritim. *Geo Edukasi*, 3(2).
- Sirait, E. R. E. (2016). Implementasi teknologi big data di lembaga pemerintahan Indonesia. *Jurnal Penelitian Pos dan Informatika*, 6(2), 113-136.
- Sosnowski, M., Petrossian, G., Nunphong, T., & Piza, E. (2024). Crimes at sea: Exploring the nexus of maritime crimes across global EEZs. *Marine Policy*, 166, 106161.
- Surahman, S., Santoso, A. I., Alam, T. M., & Setiyoko, A. (2015). Pemanfaatan Citra Satelit untuk Penentuan Daerah Operasi Keamanan Laut dari Illegal Fishing (Studi Kasus di Perairan Natuna): Utilization of Satellite Imagery for Determining Marine Security Operation Areas from Illegal Fishing (Case Study in Natuna Waters). *Jurnal Chart Datum*, 1(2), 121-132.
- Techera, E. (2023). The Indian Ocean region and marine environmental law. In *Research Handbook on International Marine Environmental Law* (pp. 172-194). Edward Elgar Publishing.
- Teniwut, W. A., Hasyim, C. L., & Pentury, F. (2022). Towards smart government for sustainable fisheries and marine development: An intelligent web-based support system approach in small islands. *Marine Policy*, 143, 105158.
- UU No. 4 Tahun 2011. (n.d.). Retrieved July 4, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39136/uu-no-4-tahun-2011>.
- Wang, H., Liu, Z., Liu, Z., Wang, X., & Wang, J. (2022). GIS-based analysis on the spatial patterns of global maritime accidents. *Ocean engineering*, 245, 110569.
- Wang, Y., Huynh, G., & Williamson, C. (2013). Integration of Google Maps/Earth with microscale meteorology models and data visualization. *Computers & Geosciences*, 61, 23-31.
- Wicaksono, B. S., Supriyadi, A. A., Said, B. D., Widodo, P., & Suwarno, P. (2024). Menuju Laut Bebas Hegemoni Laut Cina Selatan Pada Geopolitik Kritis Keamanan Maritim Di Era Globalisasi. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 11(8), 3026-3032.
- Wiyoga, Pandu. 2022. Bakamla Tangkap Tanker yang Diduga Angkut 90 Ton Solar Ilegal. <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2022/08/27/bakamla-tangkap-kapal-tanker-yang-diduga-angkut-90-ton-solar-ilegal>
- Wolsing, K., Roepert, L., Bauer, J., & Wehrle, K. (2022). Anomaly detection in maritime AIS tracks: A review of recent approaches. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(1), 112.
- Zhang, M., Montewka, J., Manderbacka, T., Kujala, P., & Hirdaris, S. (2021). A big data analytics method for the evaluation of ship-ship collision risk reflecting hydrometeorological conditions. *Reliability Engineering & System Safety*, 213, 107674.
- Zissis, D., Chatzikokolakis, K., Spiliopoulos, G., & Voudas, M. (2020). A distributed spatial method for modeling maritime routes. *IEEE Access*, 8, 47556-47568.