

Optimalisasi Sistem Informasi Geografis dalam Mendukung Operasi Militer Selain Perang pada Wilayah Maritim Kota Semarang: Studi Kasus Bantuan Bencana, SAR, dan Pengamanan Jalur Pelayaran

Jembar Heru Prabowo¹, Rudiyanto², Abdul Rivai Ras³, Nefra Firdaus⁴, Harri Dolli Hutabarat⁵, Yuniar⁶, Lukman Yudho Prakoso⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universitas Pertahanan Republik Indonesia

jembar.prabowo@km.idu.ac.id¹, rudiyanto@idu.ac.id², brorivai@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 : 17 Juli, 2026

Kata Kunci:

Keamanan Maritim;
Kota Semarang;
Operasi Militer Selain Perang;
Penanggulangan Bencana;
SAR;
Sistem Informasi Geografis.

Abstrak

Wilayah maritim Kota Semarang menghadapi berbagai ancaman non-tradisional dan bencana geohidrologis yang terus meningkat, mulai dari banjir rob, penurunan muka tanah (*land subsidence*), hingga kepadatan lalu lintas kapal di jalur pelayaran strategis menuju Pelabuhan Tanjung Emas. Kondisi ini menuntut kesiapan Operasi Militer Selain Perang (OMSP) yang responsif dan berbasis data spasial yang akurat. Tulisan ini bertujuan menganalisis peran Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam mendukung empat domain OMSP di wilayah maritim Semarang, yaitu bantuan kemanusiaan dan penanggulangan bencana, pencarian dan pertolongan (SAR), pengawasan jalur pelayaran strategis, serta pengamanan sumber daya kelautan. Penelitian menggunakan metode tinjauan literatur (*literature review*) dengan pendekatan kualitatif deskriptif-analitis, menyintesis temuan dari kajian mengenai *remote sensing*, *marine spatial planning*, *geospatial intelligence*, serta integrasi SIG dengan *Automatic Identification System* (AIS), citra satelit, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), dan *machine learning*. Hasil kajian menunjukkan bahwa SIG memberikan kontribusi signifikan dalam mempercepat proses pengambilan keputusan, meningkatkan akurasi pemetaan area terdampak bencana, mengoptimalkan jalur evakuasi dan pencarian korban, serta memperkuat pengawasan terhadap aktivitas ilegal di laut. Namun demikian, efektivitas implementasi SIG masih dibatasi oleh keterbatasan integrasi data lintas instansi, ketersediaan infrastruktur, dan kapasitas sumber daya manusia operator sistem. Tulisan ini merekomendasikan penguatan interoperabilitas data spasial antara TNI, BNPB, BASARNAS, dan otoritas pelabuhan sebagai langkah strategis untuk mengoptimalkan OMSP berbasis SIG di wilayah maritim Indonesia, khususnya pada kota pesisir yang rentan seperti Semarang.

PENDAHULUAN

Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam dua dekade terakhir telah bergeser dari sekadar alat pemetaan statis menjadi platform analitik terintegrasi yang menggabungkan data penginderaan jauh, sistem penentuan posisi global, big data, dan

kecerdasan buatan. Kemajuan ini tidak lepas dari perkembangan teknologi citra satelit resolusi tinggi dan kemampuan komputasi yang memungkinkan pemrosesan data spasial dalam skala masif serta hampir seketika (Dritsas & Trigka, 2025); (Lü et al., 2018). SIG modern tidak lagi terbatas pada penyajian peta administratif, melainkan telah berkembang menjadi *Decision Support System* (DSS) yang mampu memberikan rekomendasi operasional berbasis analisis multikriteria, sebagaimana ditunjukkan dalam berbagai penelitian perencanaan ruang laut dan penilaian dampak kumulatif ekosistem pesisir (Díaz & Soares, 2021; Hammar et al., 2020). Kemampuan ini menjadikan SIG relevan tidak hanya bagi sektor sipil, tetapi juga bagi kepentingan pertahanan dan keamanan negara, termasuk dalam pelaksanaan Operasi Militer Selain Perang.

Operasi Militer Selain Perang (OMSP) merupakan salah satu dari dua kategori operasi militer yang diamanatkan Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia, mencakup tugas-tugas seperti bantuan kemanusiaan, penanggulangan bencana alam, pencarian dan pertolongan, pengamanan wilayah perbatasan, hingga pemberantasan aktivitas ilegal di laut. Berbeda dengan operasi militer perang yang berorientasi pada penindakan kekuatan bersenjata musuh, OMSP menuntut kecepatan respons, ketepatan lokasi, dan koordinasi lintas sektor yang tinggi, mengingat sifatnya yang seringkali bersinggungan langsung dengan keselamatan masyarakat sipil. Karakteristik operasi semacam ini menempatkan informasi geospasial sebagai kebutuhan mendasar, bukan sekadar pelengkap taktis.

Wilayah maritim Indonesia menghadirkan tantangan tersendiri bagi pelaksanaan OMSP. Sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau dan garis pantai terpanjang kedua di dunia, Indonesia menghadapi kompleksitas pengawasan yang tidak sebanding dengan kapasitas aset dan personel yang tersedia. Ancaman non-tradisional seperti *illegal fishing*, pelanggaran batas wilayah, hingga kecelakaan pelayaran di jalur-jalur padat kerap terjadi bersamaan dengan ancaman bencana alam yang dipicu perubahan iklim, seperti kenaikan muka air laut dan intensifikasi cuaca ekstrem (Melet et al., 2020). Kondisi geografis yang terfragmentasi ini menuntut kemampuan pemantauan wilayah yang menyeluruh, sesuatu yang sulit dicapai tanpa dukungan teknologi geospasial yang memadai.

Urgensi penggunaan SIG dalam OMSP terletak pada kemampuannya menyatukan berbagai sumber data, mulai dari citra satelit, data AIS kapal, hingga informasi lapangan, ke dalam satu platform analitis yang mendukung pengambilan keputusan cepat dan tepat sasaran. Dalam konteks bencana, misalnya, SIG memungkinkan identifikasi area terdampak secara akurat sebelum tim penyelamat tiba di lokasi. Dalam konteks SAR, analisis jaringan dan algoritma pencarian jalur terpendek dapat mempercepat penentuan area pencarian korban di laut. Dalam konteks pengawasan jalur pelayaran, integrasi AIS dengan SIG memungkinkan deteksi anomali pergerakan kapal secara langsung ((Yang et al., 2022)).

Kota Semarang dipilih sebagai studi kasus karena merepresentasikan kondisi kota pesisir Indonesia yang menghadapi ancaman ganda: bencana geohidrologis kronis berupa banjir rob dan penurunan muka tanah yang telah dikonfirmasi melalui kajian interferometri radar (Yastika et al., 2019), sekaligus posisi strategisnya sebagai simpul pelayaran nasional melalui Pelabuhan Tanjung Emas yang menghubungkan jalur perdagangan di Laut Jawa. Kombinasi karakteristik ini menjadikan Semarang lokus yang representatif untuk menganalisis bagaimana SIG dapat mendukung berbagai domain OMSP secara simultan, bukan sebagai kasus tunggal yang terisolasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran dan efektivitas Sistem Informasi Geografis dalam mendukung pelaksanaan Operasi Militer

Selain Perang di wilayah maritim Kota Semarang, dengan fokus pada empat domain operasional: bantuan kemanusiaan dan penanggulangan bencana, pencarian dan pertolongan, pengawasan jalur pelayaran strategis, dan pengamanan sumber daya kelautan. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyusunan kerangka analitis yang menghubungkan literatur SIG dan remote sensing yang selama ini berkembang di ranah sipil dengan kebutuhan operasional pertahanan non-perang, serta memberikan rekomendasi kebijakan bagi penguatan interoperabilitas data spasial antarinstansi dalam mendukung keamanan maritim nasional.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep dan Perkembangan Sistem Informasi Geografis Modern

Sistem Informasi Geografis pada mulanya dipahami sebagai perangkat lunak untuk menyimpan, mengelola, dan menampilkan data spasial dalam bentuk peta digital. (McIntire et al., 2024) mencatat bahwa disiplin SIG telah mengalami pergeseran paradigma dari sekadar alat kartografi menjadi ilmu informasi geografis (*geographic information science*) yang menggabungkan analisis spasial, statistik, dan pemodelan prediktif. Pergeseran ini didorong oleh ketersediaan data spasial dalam volume besar serta kemampuan komputasi awan yang memungkinkan pemrosesan data secara terdistribusi. (Dritsas & Trigka, 2025) menegaskan bahwa era big data telah mengubah cara SIG bekerja, dari pendekatan berbasis file menuju arsitektur berbasis platform yang mampu mengintegrasikan berbagai sumber data secara real-time. Perkembangan ini menjadi fondasi penting bagi penerapan SIG di sektor pertahanan, karena kecepatan pembaruan data menjadi faktor penentu dalam operasi yang menuntut respons cepat seperti OMSP.

GIS dan Remote Sensing

Integrasi SIG dengan penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan salah satu perkembangan paling signifikan dalam dua dekade terakhir. (Mahrad et al., 2020) menunjukkan bahwa teknologi penginderaan jauh memberikan kontribusi luas terhadap pengelolaan wilayah pesisir dan laut, mulai dari pemantauan kualitas air hingga deteksi perubahan garis pantai. Kemajuan pada sisi pengolahan citra turut mempercepat pemanfaatan data ini. (Li et al., 2020) memperlihatkan bahwa metode berbasis *deep learning* mampu mengekstraksi informasi dari citra penginderaan jauh laut dengan akurasi yang jauh melampaui metode konvensional, sementara (Zhu et al., 2022) menyoroti perkembangan metode deteksi perubahan multikelas yang relevan untuk memantau dinamika penggunaan lahan pesisir, termasuk abrasi dan sedimentasi. (Zheng et al., 2023) mengembangkan metode segmentasi objek geospasial pada citra resolusi tinggi yang berguna untuk identifikasi infrastruktur maritim, sedangkan (Shi, 2020) memperkenalkan pendekatan *attention-based* untuk deteksi perubahan citra yang dapat diaplikasikan pada pemantauan area bencana. Untuk konteks pesisir secara spesifik, (Turner et al., 2021) dan (Vitousek et al., 2022) menunjukkan bahwa citra optik satelit telah menjadi instrumen utama dalam pemantauan garis pantai jangka panjang, sebuah kapasitas yang relevan langsung dengan permasalahan land subsidence dan banjir rob di Semarang.

Marine Spatial Planning dan GIS sebagai Decision Support System

Marine Spatial Planning (MSP) merupakan kerangka kerja yang memanfaatkan SIG untuk mengatur pemanfaatan ruang laut secara berkelanjutan dan meminimalkan konflik antarsektor. (Díaz & Soares, 2021) mendemonstrasikan penerapan pendekatan multikriteria berbasis SIG untuk menentukan lokasi optimal instalasi energi terbarukan lepas pantai, sebuah metode yang dapat diadaptasi untuk penentuan area pengawasan

maritim. (Jones et al., 2016) mengevaluasi penerapan MSP di berbagai negara dan menemukan bahwa keberhasilan implementasi sangat bergantung pada ketersediaan data spasial yang terpadu antarinstansi, sementara (Flannery et al., 2018) mengingatkan bahwa MSP yang tidak melibatkan partisipasi pemangku kepentingan lokal berisiko menimbulkan eksklusi sosial, sebuah catatan penting bagi implementasi SIG dalam OMSP yang bersentuhan langsung dengan masyarakat pesisir. (Gimpel et al., 2018) mengembangkan perangkat SIG untuk menilai *trade-off spasial* antara sektor akuakultur dan penggunaan ruang laut lain, memperlihatkan bagaimana SIG dapat berfungsi sebagai *Decision Support System* yang menampilkan skenario kuantitatif bagi pengambil kebijakan. (Lester et al., 2018) memperkuat argumen ini dengan menunjukkan bahwa MSP berbasis SIG mampu menciptakan ruang bagi akuakultur lepas pantai di perairan yang padat pemanfaatan, sedangkan (Hammar et al., 2020) mengembangkan metode penilaian dampak kumulatif berbasis ekosistem yang relevan untuk mengevaluasi tekanan gabungan antara aktivitas manusia dan bencana alam di suatu kawasan maritim.

GIS untuk Keamanan Maritim dan Geospatial Intelligence

Pemanfaatan SIG untuk keamanan maritim berkembang seiring meningkatnya kebutuhan pengawasan lalu lintas kapal. (Yang et al., 2022) mengembangkan model analisis spasial berbasis machine learning untuk memprediksi risiko kecelakaan lalu lintas maritim di kawasan laut Fujian, menunjukkan bahwa kombinasi data historis kecelakaan dengan analisis geospasial mampu mengidentifikasi titik rawan (hotspot) secara akurat, sebuah pendekatan yang relevan diterapkan pada jalur pelayaran padat seperti perairan menuju Tanjung Emas. Pada sisi kebencanaan, (Melet et al., 2020) menekankan peran observasi bumi dalam memantau bahaya pesisir seperti gelombang ekstrem dan kenaikan muka laut, dua fenomena yang berkontribusi langsung terhadap kerentanan Kota Semarang. Sementara itu, konsep geospatial intelligence semakin berkembang dengan dukungan teknologi drone. (Quamar et al., 2023) meninjau kemajuan integrasi drone dengan SIG dan menemukan bahwa kombinasi ini memberikan fleksibilitas pengumpulan data yang tidak dapat dicapai oleh citra satelit konvensional, terutama untuk pemantauan area sempit dan kondisi cuaca berawan yang umum di wilayah tropis Indonesia. (Zhang et al., 2022) melengkapi kajian ini dengan menyoroti perkembangan sistem satelit cerdas yang memungkinkan pemrosesan citra langsung di orbit, mempercepat ketersediaan informasi bagi operasi yang menuntut kecepatan tinggi seperti SAR.

Integrasi GIS, AIS, Citra Satelit, UAV, dan Machine Learning

Beberapa kajian menunjukkan bahwa efektivitas SIG dalam mendukung operasi maritim meningkat signifikan ketika diintegrasikan dengan sumber data lain. *Automatic Identification System* (AIS) menyediakan data posisi kapal secara real-time yang, ketika digabungkan dengan analisis spasial, memungkinkan deteksi anomali pergerakan seperti pemadaman transponder yang kerap mengindikasikan aktivitas *illegal fishing* ((Yang et al., 2022). UAV memberikan kemampuan pemantauan area terbatas dengan biaya operasional lebih rendah dibanding pesawat udara berawak (Quamar et al., 2023), sementara machine learning mempercepat proses klasifikasi dan deteksi objek pada citra dalam volume besar (Li et al., 2020); (Zheng et al., 2023). Konvergensi keempat elemen ini membentuk apa yang oleh sejumlah peneliti disebut sebagai ekosistem geospasial terpadu, sebuah kondisi ideal yang menjadi acuan bagi pengembangan sistem OMSP berbasis SIG di Indonesia.

Untuk memperjelas posisi penelitian ini di antara kajian-kajian terdahulu serta menegaskan kesenjangan yang coba diisi oleh tulisan ini, Tabel 1 berikut merangkum sejumlah penelitian relevan beserta fokus, metode, dan temuan utamanya.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penulis	Tahun	Fokus Penelitian	Metode	Temuan	Relevansi terhadap Penelitian
Díaz & Soares	2021	Penentuan lokasi PLTB lepas pantai	Analisis multikriteria berbasis SIG	SIG efektif mengintegrasikan kriteria teknis dan lingkungan untuk penentuan lokasi optimal	Metode multikriteria dapat diadaptasi untuk penentuan zona prioritas pengawasan maritim
Jones, Lieberknecht, & Qiu	2016	Implementasi <i>Marine Spatial Planning</i> lintas negara	Studi kasus komparatif	Keberhasilan MSP bergantung pada integrasi data antarinstansi	Menegaskan pentingnya interoperabilitas data dalam OMSP
Gimpel et al.	2018	<i>Trade-off</i> spasial sektor akuakultur	<i>GIS-based decision support tool</i>	SIG mampu menampilkan skenario trade-off secara kuantitatif	Memperkuat argumen SIG sebagai DSS bagi pengambil kebijakan OMSP
Hammar et al.	2020	Penilaian dampak kumulatif ekosistem laut	Cumulative impact assessment berbasis SIG	Tekanan gabungan aktivitas manusia dapat dipetakan secara spasial	Relevan untuk menilai kerentanan gabungan bencana dan aktivitas manusia di Semarang
Yang et al.	2022	Prediksi risiko kecelakaan lalu lintas maritim	<i>Machine learning</i> dan analisis spasial	<i>Hotspot</i> kecelakaan dapat diidentifikasi dari data historis dan spasial	Model dapat diterapkan pada jalur pelayaran Tanjung Emas
Yastika, Shimizu, & Abidin	2019	Pemantauan <i>land subsidence</i> Semarang	DInSAR multi-citra SAR	Penurunan muka tanah Semarang terjadi dengan laju signifikan dan bervariasi spasial	Data dasar utama bagi analisis kerentanan bencana wilayah studi kasus
Quamar et al.	2023	Integrasi drone dan SIG	Tinjauan literatur sistematis	Drone memberikan fleksibilitas data yang melengkapi citra satelit	Mendukung desain sistem SAR dan pengawasan berbasis UAV
Li et al.	2020	Ekstraksi informasi citra laut berbasis deep learning	Deep learning pada citra penginderaan jauh	Akurasi klasifikasi objek laut meningkat signifikan dibanding metode konvensional	Mendasari penerapan AI pada analisis citra untuk deteksi objek SAR dan illegal fishing
Turner et al.	2021	Pemantauan pesisir menggunakan citra optik satelit	Tinjauan aplikasi citra satelit pada rekayasa pesisir	Citra optik mampu memantau perubahan garis pantai secara konsisten jangka panjang	Relevan untuk pemantauan banjir rob dan abrasi pesisir Semarang
Melet et al.	2020	Observasi bumi untuk bahaya pesisir	Tinjauan teknologi observasi bumi	Data satelit multisensor mampu memantau pemicu bahaya pesisir secara komprehensif	Mendukung kerangka bantuan bencana berbasis data satelit

(Sumber: Diolah oleh penulis (2026))

Tabel di atas memperlihatkan bahwa penelitian terdahulu sebagian besar berfokus pada domain sipil, seperti perencanaan energi terbarukan, akuakultur, dan pemantauan lingkungan, dengan metode yang didominasi oleh analisis multikriteria dan pemrosesan

citra berbasis machine learning. Sebagian kecil kajian, seperti (Yang et al., 2022), telah menyentuh ranah keamanan lalu lintas maritim, namun belum ada yang secara eksplisit menghubungkan kapasitas teknis SIG tersebut dengan kerangka operasional OMSP. Kekosongan ini menjadi celah yang diisi oleh penelitian ini, yaitu menyintesis kapabilitas teknis SIG, *remote sensing*, dan integrasi multisumber data yang telah terbukti efektif di ranah sipil, kemudian merumuskannya ke dalam kerangka analitis yang spesifik bagi kebutuhan operasional pertahanan non-perang di wilayah maritim Kota Semarang.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* (tinjauan pustaka) dengan pendekatan kualitatif deskriptif-analitis. Pemilihan desain ini didasarkan pada tiga pertimbangan metodologis. Pertama, topik penelitian ini bersifat interdisipliner, menghubungkan pengetahuan yang selama ini berkembang secara terpisah pada ranah teknologi geospasial sipil (SIG, *remote sensing*, *marine spatial planning*) dengan ranah operasional pertahanan non-perang (OMSP), sehingga belum tersedia kerangka konseptual tunggal yang menyatukan keduanya. Snyder (2019) menegaskan bahwa pendekatan *literature review*, khususnya tipe *integrative review*, paling sesuai digunakan ketika tujuan penelitian adalah menyintesis pengetahuan yang tersebar lintas bidang untuk membangun kerangka konseptual baru, bukan menguji hipotesis melalui pengumpulan data primer. Kedua, penelitian ini bertujuan memetakan *state-of-the-art* penerapan teknologi geospasial pada konteks yang belum banyak diteliti secara langsung, yaitu OMSP maritim di kota pesisir Indonesia, sehingga pendekatan tinjauan pustaka memungkinkan peneliti mengidentifikasi kesenjangan (*gap*) sekaligus merumuskan arah sintesis yang relevan dengan konteks tersebut. Ketiga, dari sisi kelayakan penelitian, keterbatasan akses terhadap data primer operasional TNI dan instansi terkait (yang umumnya bersifat terbatas atau rahasia) menjadikan tinjauan pustaka sebagai pendekatan yang paling realistis untuk menghasilkan kajian akademik yang tetap kredibel, sejalan dengan pandangan Xiao dan Watson (2019) bahwa tinjauan pustaka yang disusun secara sistematis dapat menjadi fondasi inkuiri akademik yang kokoh sekalipun tanpa data lapangan, sepanjang proses kategorisasi dan sintesis literatur dilakukan secara konsisten dan transparan.

Pendekatan deskriptif-analitis dipilih sebagai pelengkap desain *literature review* karena penelitian ini tidak menghasilkan data primer melalui pengukuran lapangan, melainkan membangun argumen melalui analisis kritis terhadap temuan-temuan yang telah dipublikasikan pada jurnal terindeks. Sifat deskriptif tercermin pada pemetaan teknologi dan domain OMSP, sedangkan sifat analitis tercermin pada proses menghubungkan temuan lintas literatur untuk menjawab pertanyaan penelitian yang bersifat kontekstual terhadap Kota Semarang.

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari literatur sekunder berupa artikel jurnal ilmiah internasional yang dipublikasikan pada rentang tahun 2016 hingga 2025, yang dipilih dengan mempertimbangkan relevansi topik terhadap empat domain OMSP maritim: bantuan kemanusiaan dan bencana, SAR, pengawasan jalur pelayaran, dan pengamanan sumber daya kelautan. Sumber literatur mencakup jurnal-jurnal seperti *Remote Sensing*, *Marine Policy*, *Science of the Total Environment*, *Ocean Engineering*, *Nature Communications*, dan *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Selain literatur akademik, penelitian ini juga merujuk pada kerangka regulasi nasional, khususnya Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang TNI sebagai dasar

hukum pelaksanaan OMSP, serta data karakteristik geografis dan hidrologis Kota Semarang yang telah dipublikasikan pada literatur ilmiah, seperti kajian penurunan muka tanah oleh (Yastika et al., 2019)

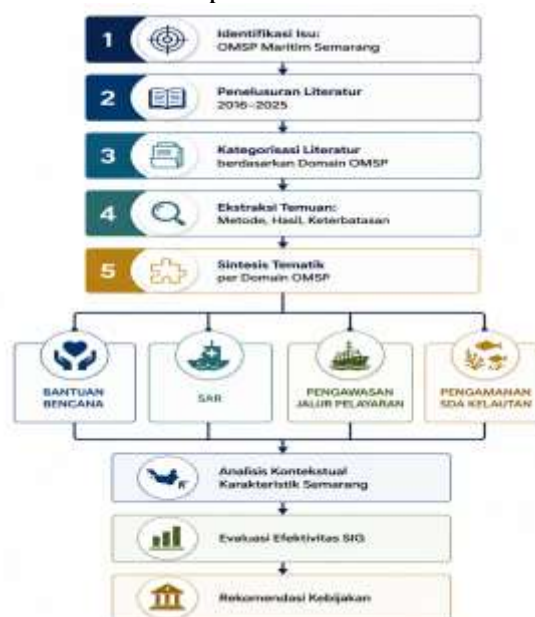
Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, tahap kategorisasi, di mana setiap literatur dikelompokkan berdasarkan domain OMSP yang paling relevan serta jenis teknologi geospasial yang dibahas, misalnya *remote sensing*, AIS, UAV, atau *machine learning*. Kedua, tahap ekstraksi temuan, di mana peneliti mengidentifikasi metode, hasil, dan keterbatasan dari setiap penelitian yang direview. Ketiga, tahap sintesis tematik, di mana temuan dari berbagai literatur dihubungkan satu sama lain untuk membangun argumen mengenai bagaimana kapabilitas SIG yang telah terbukti pada konteks sipil dapat diadaptasi bagi kebutuhan operasional pertahanan non-perang. Proses sintesis ini juga mempertimbangkan karakteristik spesifik Kota Semarang, sehingga hasil analisis tidak bersifat generik melainkan kontekstual terhadap kondisi geografis dan hidrologis wilayah studi kasus.

Sintesis Literatur

Sintesis literatur dalam penelitian ini menggunakan pendekatan tematik yang memetakan setiap domain OMSP terhadap kapabilitas teknis SIG yang relevan. Bantuan kemanusiaan dan penanggulangan bencana disintesis dari literatur mengenai pemantauan pesisir dan land subsidence; SAR disintesis dari literatur mengenai analisis jaringan dan integrasi data multisensor; pengawasan jalur pelayaran disintesis dari literatur mengenai AIS dan prediksi risiko kecelakaan maritim; sedangkan pengamanan sumber daya kelautan disintesis dari literatur mengenai marine spatial planning dan deteksi aktivitas ilegal berbasis citra satelit. Hasil sintesis inilah yang kemudian menjadi dasar pembahasan pada bagian Hasil dan Pembahasan.

Untuk memperjelas alur pelaksanaan penelitian, berikut disajikan diagram alur metodologi penelitian yang menggambarkan tahapan mulai dari identifikasi literatur hingga penyusunan rekomendasi kebijakan. Diagram ini menunjukkan bahwa proses penelitian bersifat linier namun iteratif, di mana hasil sintesis pada satu domain dapat memperkaya analisis pada domain lainnya, khususnya karena data spasial yang sama seringkali dimanfaatkan lintas domain operasi.



Gambar 1. Diagram Alur Metodologi Penelitian
(Sumber : Diolah oleh penulis, 2026)

Diagram tersebut memperlihatkan bahwa penelitian ini tidak memperlakukan keempat domain OMSP secara terpisah, melainkan menyatukannya pada tahap analisis kontekstual sebelum sampai pada evaluasi efektivitas. Pendekatan ini penting karena dalam praktiknya, satu peristiwa di wilayah maritim, misalnya kecelakaan kapal pada saat cuaca ekstrem, dapat memicu kebutuhan SAR sekaligus bantuan kemanusiaan secara bersamaan, sehingga sistem SIG yang dikembangkan idealnya bersifat multifungsi dan tidak tersekat pada satu domain operasi saja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

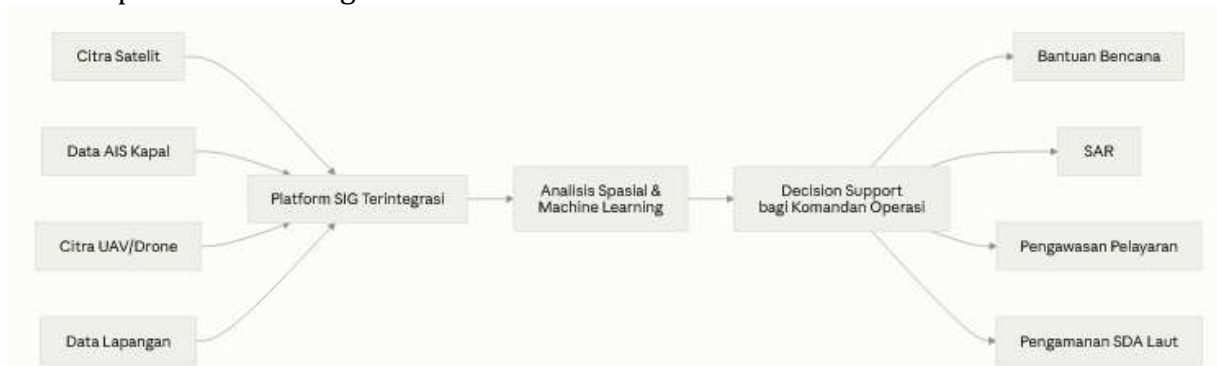
Wilayah maritim Kota Semarang menghadirkan kondisi operasional yang unik bagi pelaksanaan OMSP, karena ancaman bencana geohidrologis kronis berlangsung bersamaan dengan tekanan keamanan non-tradisional di jalur pelayaran strategis. Sebelum masuk pada pembahasan tiap domain, penting untuk memetakan terlebih dahulu jenis teknologi SIG yang relevan digunakan, sebagai dasar bagi analisis pada bagian selanjutnya. Tabel 2 berikut menyajikan ringkasan teknologi geospasial utama beserta fungsinya dalam mendukung OMSP maritim.

Tabel 2. Teknologi SIG yang Digunakan dalam OMSP Maritim

Teknologi	Fungsi Utama	Contoh Aplikasi dalam OMSP
Citra Satelit Optik dan SAR	Pemantauan perubahan lahan, garis pantai, dan genangan	Deteksi luas area banjir rob dan penurunan muka tanah
<i>Automatic Identification System (AIS)</i>	Pelacakan posisi dan pergerakan kapal secara real-time	Deteksi anomali pelayaran dan indikasi <i>illegal fishing</i>
<i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i>	Pengambilan citra resolusi tinggi pada area terbatas	Pemetaan cepat area bencana dan pencarian korban SAR
<i>Machine Learning dan Deep Learning</i>	Klasifikasi dan deteksi objek pada citra dalam volume besar	Identifikasi kapal ilegal dan segmentasi area terdampak
<i>Network Analysis</i>	Penentuan rute optimal pada jaringan spasial	Penentuan jalur evakuasi dan jalur pencarian SAR tercepat

(Sumber: Diolah oleh penulis (2026))

Kelima teknologi tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan saling melengkapi ketika diintegrasikan dalam satu platform SIG. Citra satelit memberikan cakupan luas namun frekuensi pembaruan terbatas, sementara UAV mengisi kekosongan tersebut dengan cakupan sempit namun resolusi tinggi dan waktu respons cepat. AIS menyumbang data pergerakan objek bergerak yang tidak tertangkap citra statis, sedangkan machine learning mempercepat pengolahan seluruh data tersebut menjadi informasi siap pakai bagi pengambil keputusan lapangan. Kombinasi inilah yang menjadi kerangka dasar analisis pada lima subbagian berikut.



Gambar 2. Diagram Integrasi SIG dalam OMSP

(Sumber : Diolah oleh penulis, 2026)

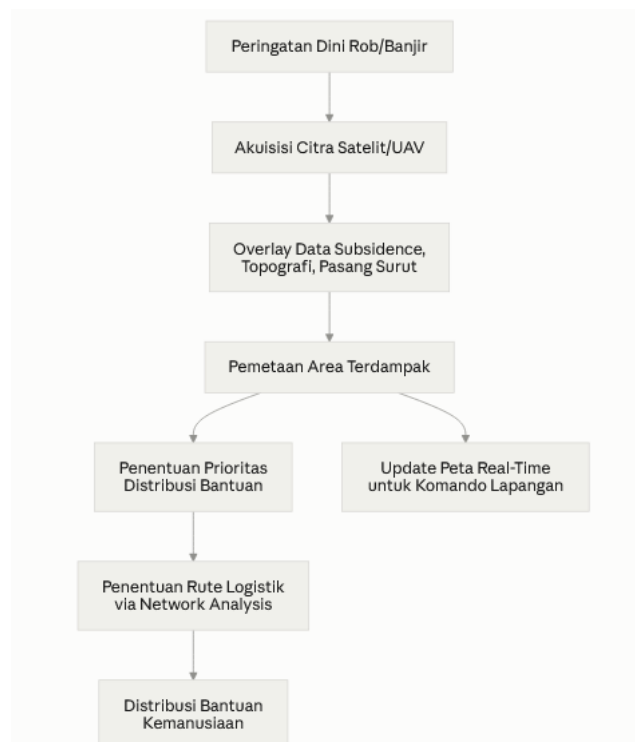
Diagram di atas menegaskan bahwa keempat domain OMSP pada dasarnya mengambil dari sumber data spasial yang sama, namun diproses menjadi keluaran

operasional yang berbeda sesuai kebutuhan lapangan. Struktur ini menunjukkan bahwa investasi pada platform integrasi data akan memberikan manfaat lintas domain, bukan hanya bagi satu jenis operasi.

SIG dalam Bantuan Kemanusiaan

Semarang menghadapi ancaman banjir rob yang bersumber dari dua faktor yang saling memperkuat, yaitu kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah. (Yastika et al., 2019) mengonfirmasi melalui analisis (DInSAR) multi-citra bahwa sejumlah kawasan pesisir Semarang mengalami penurunan muka tanah dengan laju yang bervariasi secara spasial, dengan kawasan industri dan permukiman padat menunjukkan penurunan paling signifikan. Temuan ini penting bagi OMSP karena area dengan laju subsidence tinggi umumnya juga menjadi area dengan risiko banjir rob tertinggi, sehingga pemetaan subsidence dapat berfungsi sebagai peta prediktif kerentanan bencana. SIG memungkinkan tumpang susun (*overlay*) data topografi, data subsidence, dan data pasang surut untuk menghasilkan peta zona risiko yang diperbarui secara berkala, bukan hanya peta statis berdasarkan kejadian historis.

Citra satelit optik dan radar berperan penting dalam mempercepat identifikasi area terdampak pascabanjir. (Turner et al., 2021) dan (Vitousek et al., 2022) menunjukkan bahwa citra optik satelit mampu memantau perubahan garis pantai secara konsisten dalam jangka panjang, sebuah kapasitas yang dapat diadaptasi untuk memantau luas genangan rob secara harian. Ketika kejadian bencana berlangsung, kombinasi citra satelit dengan data lapangan memungkinkan tim OMSP menyusun peta area terdampak dalam hitungan jam, jauh lebih cepat dibanding survei manual yang membutuhkan waktu berhari-hari.



Gambar 3. Diagram Alur Bantuan Bencana Berbasis SIG
(Sumber : Diolah oleh penulis, 2026)

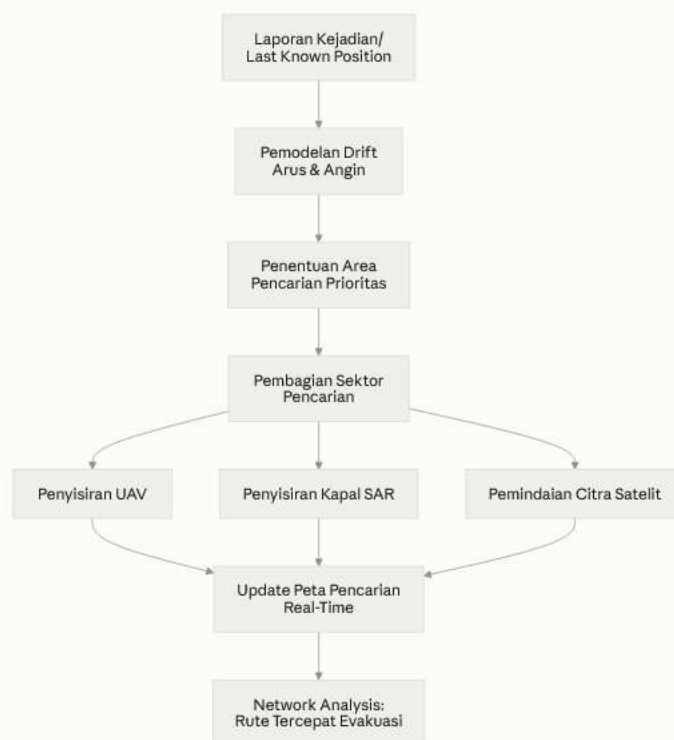
Diagram tersebut memperlihatkan bahwa SIG berperan pada hampir setiap tahap penanggulangan bencana, mulai dari deteksi dini hingga eksekusi distribusi bantuan. Peran yang paling menentukan terletak pada tahap penentuan rute logistik, karena kondisi jalan yang tergenang seringkali berubah dalam hitungan jam, sehingga rute yang

direncanakan sebelumnya dapat menjadi tidak valid tanpa pembaruan data spasial secara berkelanjutan.

SIG untuk Operasi SAR

Operasi pencarian dan pertolongan di wilayah maritim menuntut kecepatan penentuan area pencarian, mengingat korban di laut memiliki peluang bertahan hidup yang menurun tajam seiring waktu. SIG mendukung tahap ini melalui pemetaan lokasi kejadian terakhir yang diketahui (*last known position*), yang kemudian dikombinasikan dengan data arus laut dan angin untuk memprediksi pergeseran posisi korban. Analisis jaringan (*network analysis*) dan algoritma jalur terpendek memungkinkan penentuan rute tercepat bagi kapal atau helikopter penyelamat menuju titik pencarian, sekaligus mengoptimalkan pembagian area pencarian antarunit agar tidak terjadi tumpang tindih maupun area yang tidak tersisir.

Data AIS memberikan kontribusi tambahan dengan mengidentifikasi kapal-kapal di sekitar lokasi kejadian yang dapat dilibatkan dalam pencarian awal sebelum unit SAR resmi tiba di lokasi (Yang et al., 2022). Sementara itu, UAV memungkinkan penyisiran area pencarian dengan cakupan yang lebih cepat dibanding kapal, terutama pada kondisi perairan dangkal atau pesisir yang sulit dijangkau kapal berukuran besar (Quamar et al., 2023). Pada operasi berskala lebih luas, citra satelit dapat dikerahkan untuk memindai area pencarian yang luas dalam waktu singkat, meski dengan keterbatasan resolusi temporal dibanding UAV.



Gambar 4. Diagram Sistem SAR Berbasis SIG

(Sumber : Diolah oleh penulis, 2026)

Struktur pada diagram tersebut menunjukkan bahwa efektivitas SAR sangat bergantung pada kecepatan pembaruan peta pencarian. Ketiga metode penyisiran, yaitu UAV, kapal, dan citra satelit, perlu terintegrasi dalam satu peta yang sama agar tim komando dapat segera mengalihkan sumber daya pencarian ke sektor yang belum tersisir tanpa duplikasi upaya.

SIG dalam Pengamanan Pulau Terluar

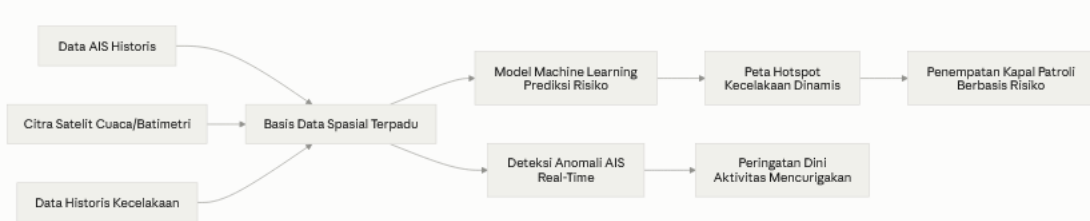
Meski studi kasus penelitian ini berfokus pada Semarang, kapasitas SIG yang dibahas memiliki keterkaitan erat dengan kebijakan pengamanan pulau terluar secara nasional. (Zhang et al., 2022) menunjukkan bahwa perkembangan sistem satelit cerdas memungkinkan pemrosesan citra langsung di orbit, mempercepat ketersediaan informasi bagi otoritas keamanan tanpa harus menunggu proses pengunduhan dan pengolahan data di darat. Kapasitas ini relevan bagi pengawasan pulau-pulau terluar Indonesia yang tersebar di kawasan perbatasan, di mana keterbatasan aset patroli konvensional membuat pemantauan berbasis citra satelit menjadi alternatif yang secara biaya lebih efisien.

Konsep *geospatial intelligence*, yang menggabungkan citra satelit, data AIS, dan analisis pola pergerakan, memungkinkan otoritas keamanan mengidentifikasi aktivitas mencurigakan di sekitar pulau terluar tanpa penempatan personel permanen di setiap lokasi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip efisiensi yang menjadi kebutuhan mendesak bagi TNI Angkatan Laut mengingat luasnya wilayah yang harus diawasi dibanding jumlah aset yang tersedia. Pengalaman pengembangan sistem serupa pada konteks sipil, seperti integrasi drone untuk pemantauan area sempit (Quamar et al., 2023), menunjukkan bahwa model yang sama dapat direplikasi untuk kebutuhan pertahanan dengan penyesuaian pada aspek keamanan data dan interoperabilitas dengan sistem komando militer.

SIG untuk Pengawasan Jalur Pelayaran Strategis

Pelabuhan Tanjung Emas merupakan simpul pelayaran penting yang menghubungkan Semarang dengan jalur perdagangan di Laut Jawa, salah satu perairan tersibuk di Indonesia. Kepadatan lalu lintas kapal pada jalur ini meningkatkan risiko kecelakaan, terutama pada titik-titik pertemuan jalur pelayaran dan area dengan visibilitas terbatas akibat cuaca. (Yang et al., 2022) mengembangkan model prediksi risiko kecelakaan lalu lintas maritim berbasis machine learning yang memanfaatkan data historis kecelakaan dan variabel geospasial seperti kepadatan lalu lintas dan kondisi perairan, menunjukkan bahwa titik rawan kecelakaan (hotspot) dapat diidentifikasi secara akurat sebelum kecelakaan terjadi, bukan hanya dianalisis setelah kejadian.

Pendekatan serupa dapat diterapkan pada perairan menuju Tanjung Emas dengan memanfaatkan data AIS historis untuk memetakan pola kepadatan lalu lintas kapal per jam dan per musim, kemudian mengombinasikannya dengan data batimetri dan cuaca untuk menghasilkan peta risiko dinamis. Peta semacam ini dapat menjadi dasar penempatan kapal patroli pada jam dan lokasi dengan risiko tertinggi, alih-alih patroli yang tersebar merata tanpa mempertimbangkan variasi risiko spasial dan temporal.



Gambar 5. Diagram Integrasi SIG, AIS, dan Remote Sensing untuk Pengawasan Pelayaran
(Sumber : Diolah oleh penulis, 2026)

Diagram tersebut memperlihatkan dua keluaran utama dari integrasi data ini, yaitu peta risiko kecelakaan yang bersifat prediktif dan sistem deteksi anomali yang bersifat reaktif. Kombinasi keduanya memungkinkan otoritas maritim beralih dari model pengawasan yang murni reaktif menuju model yang lebih preventif, sesuatu yang secara historis sulit dicapai dengan keterbatasan aset patroli konvensional.

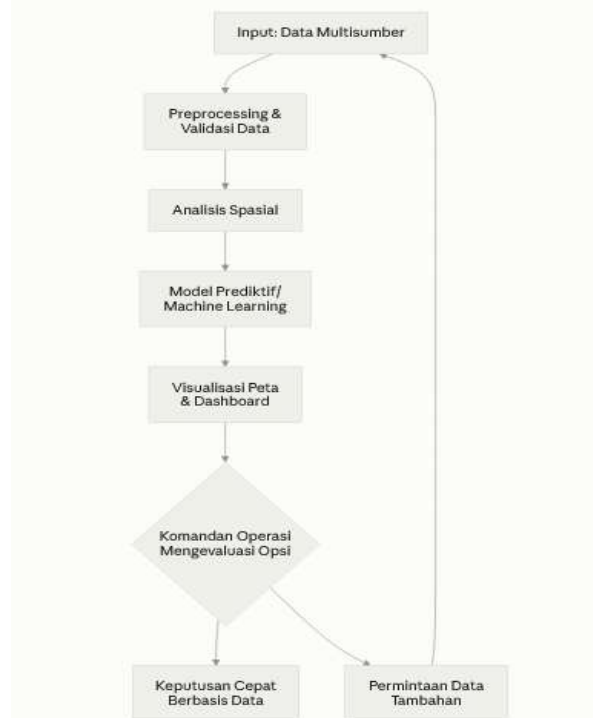
SIG dalam Pengamanan Sumber Daya Kelautan

Illegal fishing tetap menjadi salah satu ancaman utama terhadap sumber daya kelautan Indonesia, termasuk pada perairan yang berdekatan dengan kawasan konservasi di sekitar Semarang dan pesisir utara Jawa. Deteksi aktivitas ilegal ini semakin terbantu dengan kemajuan metode deteksi perubahan pada citra penginderaan jauh. (Zhu et al., 2022) meninjau perkembangan metode deteksi perubahan multikelas yang mampu membedakan berbagai jenis perubahan pada citra, termasuk perubahan yang mengindikasikan aktivitas penangkapan ikan tidak sah pada kawasan yang seharusnya bebas aktivitas. (Zheng et al., 2023) melengkapi hal ini dengan metode segmentasi objek geospasial yang dapat mengidentifikasi kapal ikan berukuran kecil sekalipun pada citra resolusi tinggi, sebuah kemampuan penting mengingat kapal *illegal fishing* kerap berukuran kecil untuk menghindari deteksi radar konvensional.

Kerangka *Marine Spatial Planning* memberikan landasan bagi pengelolaan kawasan konservasi secara spasial, sebagaimana ditunjukkan oleh (Gimpel et al., 2018) dalam penilaian trade-off pemanfaatan ruang laut antarsektor. Penerapan prinsip serupa memungkinkan otoritas keamanan menetapkan zona prioritas pengawasan berdasarkan tingkat kerentanan ekosistem, bukan hanya berdasarkan batas administratif. Pemanfaatan drone untuk memantau kawasan konservasi berskala kecil, dikombinasikan dengan model machine learning untuk klasifikasi otomatis jenis kapal, memungkinkan pengawasan yang lebih efisien dibanding patroli manual yang bergantung sepenuhnya pada kehadiran fisik personel di lapangan.

Evaluasi Efektivitas SIG

Sebelum menutup bagian pembahasan, penting untuk mengevaluasi secara kritis sejauh mana implementasi SIG benar-benar efektif mendukung OMSP, bukan hanya menilai potensi teknisnya semata. Evaluasi berikut disusun berdasarkan lima aspek, yaitu efektivitas, akurasi, kecepatan, integrasi data, dan dukungan pengambilan keputusan. Kelima aspek ini dipilih karena mencerminkan siklus lengkap pemanfaatan SIG, mulai dari kualitas data hingga dampaknya terhadap keputusan operasional di lapangan.



Gambar 6. Diagram Decision Support System Berbasis SIG dalam OMSP
(Sumber : Diolah oleh penulis, 2026)

Diagram tersebut menegaskan bahwa SIG sebagai Decision Support System tidak menggantikan peran komandan operasi, melainkan menyediakan opsi keputusan yang lebih terinformasi. Sifat iteratif pada diagram, ditunjukkan melalui alur umpan balik dari permintaan data tambahan kembali ke tahap input, mencerminkan kondisi lapangan yang dinamis, di mana keputusan awal seringkali perlu direvisi seiring masuknya data baru.

Tabel 3. Evaluasi Implementasi SIG dalam OMSP

Aspek	Keunggulan	Kelemahan	Rekomendasi
Efektivitas	Mempercepat identifikasi area prioritas pada bencana dan SAR	Bergantung pada ketersediaan operator terlatih di lapangan	Pelatihan operator SIG secara berkala bagi personel OMSP
Akurasi	Citra resolusi tinggi dan machine learning meningkatkan presisi deteksi objek	Akurasi menurun pada kondisi tutupan awan tinggi khas wilayah tropis	Kombinasi citra optik dengan citra radar (SAR) yang tidak terpengaruh awan
Kecepatan	UAV dan sistem satelit cerdas mempercepat ketersediaan data	Keterbatasan <i>bandwidth</i> pengiriman data dari lapangan ke pusat komando	Penguatan infrastruktur komunikasi data di kapal dan pos pengawasan
Integrasi Data	Platform terpadu memungkinkan analisis lintas domain OMSP	Data AIS, citra satelit, dan data lapangan masih tersebar di sistem berbeda antarinstansi	Pengembangan platform data spasial bersama antara TNI, BNPB, dan BASARNAS
Dukungan Pengambilan Keputusan	Visualisasi peta mempercepat pemahaman situasi oleh komandan	Ketergantungan berlebihan pada sistem berisiko mengabaikan pengetahuan lokal	Penyusunan protokol yang memadukan analisis SIG dengan penilaian lapangan

(Sumber: Diolah oleh penulis (2026))

Tabel evaluasi tersebut memperlihatkan pola yang konsisten pada seluruh aspek, yaitu keunggulan teknis SIG senantiasa berhadapan dengan keterbatasan pada sisi kelembagaan dan infrastruktur, bukan pada keterbatasan teknologi itu sendiri. Kelemahan integrasi data antarinstansi, misalnya, bukan disebabkan oleh ketiadaan teknologi penghubung, melainkan oleh belum terbentuknya kesepakatan tata kelola data bersama antara TNI, BNPB, BASARNAS, dan otoritas pelabuhan. Temuan ini mengindikasikan bahwa optimalisasi SIG dalam OMSP ke depan perlu diarahkan tidak hanya pada pengadaan perangkat teknis, tetapi juga pada penguatan kerangka kelembagaan yang memungkinkan data spasial mengalir lintas instansi secara aman dan tepat waktu.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kajian ini menunjukkan bahwa Sistem Informasi Geografis memiliki peran strategis dalam mendukung pelaksanaan Operasi Militer Selain Perang di wilayah maritim Kota Semarang. Pada domain bantuan kemanusiaan, integrasi data *subsidence*, topografi, dan pasang surut memungkinkan pemetaan kerentanan banjir rob yang lebih prediktif dibanding pendekatan berbasis kejadian historis semata. Pada domain SAR, kombinasi pemodelan drift arus, penyisiran UAV, dan analisis jaringan mempercepat penentuan area pencarian sekaligus mengoptimalkan alokasi sumber daya penyelamatan.

Pada domain pengawasan jalur pelayaran, integrasi data AIS dengan model *machine learning* memungkinkan pergeseran dari pola pengawasan reaktif menuju pengawasan yang lebih preventif melalui identifikasi hotspot risiko kecelakaan. Pada domain pengamanan sumber daya kelautan, kombinasi citra satelit, deteksi perubahan, dan drone memperkuat kemampuan deteksi aktivitas ilegal fishing pada kawasan konservasi.

Evaluasi terhadap kelima aspek efektivitas, akurasi, kecepatan, integrasi data, dan dukungan pengambilan keputusan, secara konsisten memperlihatkan bahwa kendala

utama implementasi sig bukan terletak pada keterbatasan teknologi, melainkan pada belum optimalnya interoperabilitas data antarinstansi serta kesiapan sumber daya manusia operator di lapangan.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyusunan kerangka analitis yang menghubungkan kapabilitas teknis sig dan *remote sensing*, yang selama ini berkembang dominan pada ranah sipil, dengan kebutuhan operasional pertahanan non-perang di wilayah maritim. Penelitian ini juga memperlihatkan bahwa keempat domain omsp yang dibahas tidak berdiri sendiri, melainkan dapat memanfaatkan sumber data spasial yang sama melalui satu platform terintegrasi, sehingga investasi pada infrastruktur data spasial memberikan manfaat lintas domain, bukan hanya bagi satu jenis operasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Díaz, H., & Soares, C. (2021). A multi-criteria approach to evaluate floating offshore wind farms siting in the Canary Islands (Spain). *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en14040865>
- Dritsas, E., & Trigka, M. (2025). Remote sensing and geospatial analysis in the big data era: A survey. *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs17030550>
- Flannery, W., Healy, N., & Luna, M. (2018). Exclusion and non-participation in Marine Spatial Planning. *Marine Policy*, 88, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.001>
- Gimpel, A., Stelzenmüller, V., Töpsch, S., Galparsoro, I., Gubbins, M., Miller, D., Murillas, A., Murray, A., Pınarbaşı, K., Roca, G., & Watret, R. (2018). A GIS-based tool for an integrated assessment of spatial planning trade-offs with aquaculture. *Science of the Total Environment*, 627, 1644–1655. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.133>
- Hammar, L., Molander, S., Pålsson, J., Crona, J. S., Carneiro, G., Johansson, T., Hume, D., Kågesten, G., Mattsson, D., Törnqvist, O., Zillén, L., Mattsson, M., Bergström, U., Perry, D., Caldow, C., & Andersen, J. (2020). Cumulative impact assessment for ecosystem-based marine spatial planning. *Science of the Total Environment*, 734, 139024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139024>
- Jones, P. J. S., Lieberknecht, L., & Qiu, W. (2016). Marine spatial planning in reality: Introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, 71, 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.026>
- Lester, S. E., Stevens, J., Gentry, R., Kappel, C., Bell, T. W., Costello, C., Gaines, S., Kiefer, D. A., Maue, C., Rensel, J., Simons, R., Washburn, L., & White, C. (2018). Marine spatial planning makes room for offshore aquaculture in crowded coastal waters. *Nature Communications*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03249-1>
- Li, X., Liu, B., Zheng, G., Ren, Y., Zhang, S., Liu, Y., Gao, L., Liu, Y., Zhang, B., & Wang, F. (2020). Deep-learning-based information mining from ocean remote-sensing imagery. *National Science Review*, 7, 1584–1605. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa047>
- Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A., & Chen, M. (2018). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): A geographic perspective. *International Journal of Geographical Information Science*, 33, 346–367. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1533136>
- Mahrad, B. E., Newton, A., Icely, J., Kacimi, I., Abalansa, S., & Snoussi, M. (2020). Contribution of remote sensing technologies to a holistic coastal and marine environmental management framework: A review. *Remote Sensing*, 12, 2313. <https://doi.org/10.3390/rs12142313>

- McIntire, A., Calvert, I., & Ashcraft, J. (2024). Pressure to Plagiarize and the Choice to Cheat: Toward a Pragmatic Reframing of the Ethics of Academic Integrity. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci14030244>
- Melet, A., Teatini, P., Cozannet, G., Jamet, C., Conversi, A., Benveniste, J., & Almar, R. (2020). Earth observations for monitoring marine coastal hazards and their drivers. *Surveys in Geophysics*, 41, 1489–1534. <https://doi.org/10.1007/s10712-020-09594-5>
- Quamar, M. I., Al-Ramadan, B., Khan, K. A., Shafiullah, M., & El-Ferik, S. (2023). Advancements and applications of drone-integrated Geographic Information System technology: A review. *Remote Sensing*, 15, 5039. <https://doi.org/10.3390/rs15205039>
- Shi, Z. (2020). A spatial-temporal attention-based method and a new dataset for remote sensing image change detection. *Remote Sensing*, 12, 1662. <https://doi.org/10.3390/rs12101662>
- 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>
- Turner, I. L., Harley, M. D., Almar, R., & Bergsma, E. (2021). Satellite optical imagery in coastal engineering. *Coastal Engineering*, 167, 103919. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103919>
- Vitousek, S., Buscombe, D., Vos, K., Barnard, P., Ritchie, A. C., & Warrick, J. A. (2022). The future of coastal monitoring through satellite remote sensing. *Cambridge Prisms: Coastal Futures*. <https://doi.org/10.1017/cft.2022.4>
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39, 93–112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Yang, Y., Shao, Z., Hu, Y., Mei, Q., Pan, J., Song, R., & Wang, P. (2022). Geographical spatial analysis and risk prediction based on machine learning for maritime traffic accidents: A case study of Fujian sea area. *Ocean Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113106>
- Yastika, P. E., Shimizu, N., & Abidin, H. Z. (2019). Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. *Advances in Space Research*. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.11.008>
- Zhang, B., Wu, Y., Zhao, B., Chanussot, J., Hong, D., Yao, J., & Gao, L. (2022). Progress and challenges in intelligent remote sensing satellite systems. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 1814–1822. <https://doi.org/10.1109/jstars.2022.3148139>
- Zheng, Z., Zhong, Y., Wang, J., Ailong, & Zhang, L. (2023). FarSeg++: Foreground-aware relation network for geospatial object segmentation in high spatial resolution remote sensing imagery. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45, 13715–13729. <https://doi.org/10.1109/tpami.2023.3296757>
- Zhu, Q., Guo, X., Li, Z., & Li, D. (2022). A review of multi-class change detection for satellite remote sensing imagery. *Geo-Spatial Information Science*, 27, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2128902>
- Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia.