

# Integrasi Sistem Informasi Geospasial dalam Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil: Dimensi Keamanan dan Kedaulatan Negara

Adela Apriuli Maharani<sup>1\*</sup>, Abdul Rivai Ras<sup>2</sup>, Moch Jurianto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Pertahanan, Jl. Salemba Raya, Paseban, Jakarta Pusat,  
Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta 10440

\*Penulis korespondensi, Surel: [adela.maharani@km.idu.ac.id](mailto:adela.maharani@km.idu.ac.id)

## Article Info

### Article history:

Received : 30 April, 2026

Revised : 25 Mei, 2026

Accepted : 29 Mei, 2026

### Kata Kunci:

Sistem Informasi Geospasial;  
RZWP-3K;  
Pulau Kecil Terluar;  
Keamanan Maritim;  
Kedaulatan Negara;  
Indonesia

## ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki 17.504 pulau dengan kompleksitas penataan ruang wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yang tinggi. Namun, penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3K) masih menghadapi kendala utama berupa belum terintegrasinya data geospasial antar institusi. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat integrasi Sistem Informasi Geospasial (SIG) dalam penyusunan RZWP-3K serta mengidentifikasi kesenjangan antara peta zonasi statis dengan dinamika ancaman keamanan maritim aktual. Menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus di tiga pulau kecil terluar (Natuna, Sangihe, Miangas), penelitian ini mengolah data dari wawancara mendalam dan overlay peta dari BIG, Pushidrosal, dan KKP. Hasil menunjukkan integrasi data masih parsial dengan tumpang tindih batas zonasi mencapai 34% serta kesenjangan temporal update peta 5-7 tahun. Kesenjangan ini menciptakan blind spots spasial yang berdampak langsung pada kerentanan kedaulatan. Penelitian ini merekomendasikan pembentukan Maritime Spatial Data Infrastructure terintegrasi.

## PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan 17.504 pulau, garis pantai sepanjang 99.093 km, dan luas perairan mencapai 6,4 juta km<sup>2</sup> memiliki tanggung jawab besar dalam menata ruang wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Wilayah ini bukan hanya menjadi garda terdepan kedaulatan, tetapi juga zona paling rentan terhadap berbagai ancaman keamanan maritim. Sebagai negara yang menganut prinsip archipelagic state berdasarkan *United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS)* 1982, Indonesia memiliki hak dan kewajiban untuk menata ruang lautnya secara sistematis guna melindungi kepentingan nasional, termasuk kedaulatan wilayah, keselamatan pelayaran, serta pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (UU PWP-3K) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 mengamanatkan penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3K). Dokumen ini menjadi instrumen utama dalam mengalokasikan ruang laut untuk berbagai kegiatan: konservasi, perikanan, transportasi laut, pariwisata, pertahanan, hingga alur pelayaran. Tanpa zonasi yang akurat dan berbasis data spasial yang terpercaya, konflik pemanfaatan ruang laut, pelanggaran kedaulatan, dan kerusakan ekosistem pesisir sulit dihindari. Namun, implementasi RZWP-3K di lapangan

menghadapi tantangan fundamental yang bersifat teknis sekaligus strategis. Tantangan teknisnya adalah belum terintegrasinya data geospasial yang dihasilkan oleh berbagai institusi. Badan Informasi Geospasial (BIG) menghasilkan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL (Pushidrosal) menghasilkan peta laut navigasi, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menyusun peta kesesuaian kawasan konservasi, sementara Kementerian Pertahanan memiliki peta rahasia untuk kepentingan pertahanan. Masing-masing institusi menggunakan standar datum geodetis, skala, periode pembaruan, dan sistem proyeksi yang berbeda. Akibatnya, ketika peta-peta tersebut di-overlay untuk menyusun RZWP-3K, sering terjadi tumpang tindih batas wilayah yang mencapai puluhan bahkan ratusan meter. Untuk konteks pulau-pulau kecil terluar, perbedaan sebesar 200 meter saja dapat menggeser klaim batas laut teritorial dan berdampak pada hilangnya hak berdaulat negara.

Tantangan strategisnya adalah kesenjangan temporal antara peta zonasi yang bersifat statis dengan dinamika ancaman keamanan maritim yang sangat dinamis. Rata-rata peta geospasial untuk RZWP-3K diperbarui setiap 5–7 tahun sekali. Sementara itu, pola ancaman seperti *illegal, unreported, and unregulated (IUU) fishing*, penyelundupan, terorisme lintas laut, hingga klaim sepihak oleh negara tetangga dapat berubah dalam hitungan minggu. Kondisi ini menciptakan *spatial blind spots* wilayah laut yang secara administratif sudah memiliki zonasi, tetapi karena data yang digunakan sudah usang, pola ancaman aktual tidak terdeteksi secara dini. Sepanjang periode 2020–2024, Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla) mencatat sedikitnya 47 insiden pelanggaran keamanan maritim di wilayah perbatasan dan pulau-pulau kecil terluar. Yang paling menonjol terjadi di Kepulauan Natuna, di mana kapal ikan asing ilegal masuk ke Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia dengan memanfaatkan ketidakjelasan batas zonasi antara alur laut kepulauan (ALKI I) dengan kawasan perikanan terbatas. Contoh lain terjadi di Kepulauan Sangihe (Sulawesi Utara) dan Pulau Miangas (perbatasan Filipina), di mana terjadi klaim sepihak oleh aparat keamanan negara tetangga yang didasarkan pada peta yang berbeda dengan peta resmi Indonesia. Di ketiga lokasi ini, fakta di lapangan menunjukkan bahwa peta RZWP-3K yang digunakan oleh aparat keamanan laut tidak terintegrasi dengan peta operasional TNI AL dan Bakamla. Akibatnya, respons terhadap pelanggaran menjadi lambat dan tidak terkoordinasi.

Penelitian tentang Sistem Informasi Geospasial (SIG) di Indonesia selama ini lebih banyak berfokus pada aspek teknis pemetaan (akurasi horizontal, resolusi spasial, atau standar metadata) atau pada aspek hukum tata ruang secara terpisah. Masih sangat sedikit kajian yang secara eksplisit menghubungkan tingkat integrasi data geospasial dengan efektivitas pengamanan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Padahal, secara teoritis dalam kerangka *Maritime Spatial Planning (MSP)* yang direkomendasikan UNESCO IOC, kualitas zonasi sangat ditentukan oleh akurasi dan sinkronisasi data spasial lintas sektor. Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini mengajukan dua rumusan masalah: pertama, bagaimana tingkat integrasi data geospasial dari berbagai institusi (BIG, Pushidrosal, KKP, dan Kementerian Pertahanan) dalam penyusunan RZWP-3K di wilayah pulau-pulau kecil terluar Indonesia. Kedua, mengapa ketidaksesuaian antara peta zonasi yang tersedia dengan dinamika ancaman keamanan maritim aktual (seperti IUU fishing, pelanggaran alur laut kepulauan, dan klaim wilayah oleh negara tetangga) dapat terjadi, dan bagaimana Sistem Informasi Geospasial dapat berfungsi sebagai instrumen penutup kesenjangan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengukur tingkat integrasi data geospasial antar institusi, mengidentifikasi kesenjangan antara peta zonasi statis dengan ancaman dinamis, serta merumuskan model integrasi SIG yang responsif terhadap dimensi keamanan dan kedaulatan negara.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus ganda (multiple case study). Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan memahami secara mendalam proses integrasi data geospasial antar lembaga serta makna dari kesenjangan spasial terhadap keamanan maritim yang tidak dapat diukur hanya dengan angka-angka statistik. Desain studi kasus ganda memungkinkan perbandingan antar lokasi untuk menghasilkan temuan yang lebih kaya dan tidak bergantung pada keunikan satu lokasi saja. Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive sampling* dengan tiga kriteria: pertama, merupakan pulau kecil terluar yang berbatasan langsung dengan negara tetangga; kedua, memiliki dokumen Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3K) yang sudah disahkan; ketiga, pernah mengalami insiden pelanggaran keamanan maritim dalam lima tahun terakhir. Berdasarkan kriteria tersebut, terpilih tiga lokasi: Kepulauan Natuna (Kepulauan Riau) yang berbatasan dengan Vietnam, Malaysia, dan China dengan insiden utama *IUU fishing* dan klaim ZEE; Kepulauan Sangihe (Sulawesi Utara) yang berbatasan dengan Filipina dengan insiden pelanggaran alur dan penyelundupan; serta Pulau Miangas (Sulawesi Utara) yang juga berbatasan dengan Filipina dengan insiden klaim sepihak wilayah.

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan 12 informan yang dipilih secara *purposive*. Komposisi informan meliputi dua orang dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Bidang Informasi Geospasial Dasar, dua orang dari Pushidrosal TNI AL Divisi Pemetaan Laut, dua orang dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Direktorat Perencanaan Ruang Laut, dua orang dari Bakamla RI Direktorat Operasi Laut, dua orang dari TNI AL (Pangkalan Utama TNI AL setempat), dan dua orang dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi. Wawancara berlangsung antara Januari hingga Maret 2025 dengan durasi 60 hingga 90 menit per informan, menggunakan panduan wawancara semi-terstruktur. Data sekunder terdiri dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 dari BIG tahun 2020–2024, peta laut navigasi skala 1:200.000 dari Pushidrosal, dokumen RZWP-3K Provinsi Kepulauan Riau dan Sulawesi Utara periode 2019–2024, laporan insiden keamanan maritim Bakamla periode 2020–2024, serta data *Automatic Identification System* (AIS) untuk pergerakan kapal asing di ketiga lokasi.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga jalur. Pertama, wawancara mendalam dengan merekam dan mencatat secara sistematis. Kedua, studi dokumentasi terhadap peta dan dokumen zonasi. Ketiga, observasi lapangan terbatas di Kantor Bakamla dan Pangkalan TNI AL setempat untuk melihat secara langsung peta operasional yang digunakan. Analisis data dilakukan melalui tiga tahap. Tahap pertama adalah overlay spasial menggunakan perangkat lunak QGIS 3.34. Keempat lapisan peta (BIG, Pushidrosal, KKP, dan TNI AL) di-overlay untuk mengidentifikasi titik-titik tumpang tindih batas zonasi. Perbedaan koordinat diukur dalam satuan meter dan dipersentasekan terhadap total panjang batas zonasi. Tahap kedua adalah analisis deskriptif komparatif terhadap hasil wawancara. Seluruh rekaman wawancara ditranskrip dan dianalisis menggunakan metode tematik (*thematic analysis*) dengan bantuan perangkat lunak NVivo 14. Tema-tema utama yang diidentifikasi meliputi standar datum, frekuensi *update*, mekanisme koordinasi, dan dampak terhadap operasi keamanan. Tahap ketiga adalah triangulasi sumber untuk memverifikasi temuan. Jika terjadi perbedaan antara data peta dan pernyataan informan, peneliti melakukan konfirmasi ulang melalui wawancara kedua atau memeriksa dokumen pendukung. Validitas internal dijaga melalui *member checking*, yaitu ringkasan hasil wawancara dikembalikan kepada informan untuk dikonfirmasi

kebenarannya. Penelitian ini menyadari adanya keterbatasan akses terhadap peta-peta tertentu yang berstatus rahasia dari Pushidrosal dan Kementerian Pertahanan. Untuk mengatasi hal ini, analisis *overlay* dilakukan pada peta dengan tingkat kerahasiaan terendah yang sudah dideklasifikasi. Selain itu, penelitian tidak melakukan pengukuran lapangan (*ground truth*) langsung menggunakan GPS geodetik karena keterbatasan anggaran dan akses ke pulau-pulau terluar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum memasuki pembahasan terperinci, berikut adalah ringkasan temuan utama yang berhasil diidentifikasi dalam penelitian ini. Pertama, tingkat integrasi data geospasial antar institusi (BIG, Pushidrosal, KKP, dan TNI AL) masih parsial dengan tingkat tumpang tindih batas zonasi mencapai rata-rata 34% di tiga lokasi penelitian. Kedua, terdapat kesenjangan temporal yang signifikan antara peta zonasi statis (rata-rata update 5-7 tahun sekali) dengan dinamika ancaman keamanan maritim yang berubah dalam hitungan minggu. Ketiga, pulau-pulau kecil terluar memiliki cakupan data geospasial resolusi tinggi hanya 42%, menjadikannya blind spots spasial yang rentan terhadap pelanggaran kedaulatan. Keempat, berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merumuskan model *Maritime Spatial Data Infrastructure* (MSDI) Terintegrasi sebagai solusi untuk menjembatani kesenjangan yang ada. Keempat temuan ini akan diuraikan secara sistematis dalam empat sub-bab berikut.

### Tingkat Integrasi Data Geospasial Antar Institusi

Berdasarkan hasil *overlay* spasial terhadap peta dari BIG, Pushidrosal, KKP, dan TNI AL di tiga lokasi penelitian, ditemukan bahwa tingkat integrasi data geospasial masih parsial dan fragmentaris. Dari total 12 segmen batas zonasi yang dianalisis di Kepulauan Natuna, 4 segmen (33,3%) menunjukkan perbedaan koordinat lebih dari 500 meter antara peta BIG dan peta Pushidrosal. Di Kepulauan Sangihe, perbedaan tertinggi mencapai 1.200 meter pada batas antara alur pelayaran dan kawasan konservasi. Di Pulau Miangas, perbedaan terkecil sekalipun masih berada di kisaran 150–200 meter. Secara agregat, tingkat tumpang tindih batas zonasi di ketiga lokasi mencapai rata-rata 34%. Temuan ini mengkonfirmasi hipotesis awal bahwa belum adanya standar datum geodetik tunggal menjadi akar masalah. BIG menggunakan datum Geodesi Nasional Referensi 2013 (INGeSIG 2013), sementara Pushidrosal masih mempertahankan datum WGS-84 yang dimodifikasi untuk kepentingan navigasi. Perbedaan referensi ini menghasilkan pergeseran posisi horizontal yang sistematis.

Hasil wawancara dengan informan dari BIG mengungkapkan fakta yang lebih memprihatinkan. Salah seorang informan menyatakan bahwa pihaknya sudah mengusulkan harmonisasi datum sejak 2020, tetapi Pushidrosal memiliki pertimbangan teknis terkait keselamatan navigasi. Perubahan datum akan memerlukan revisi ribuan peta laut dan biaya yang sangat besar. Sementara itu, informan dari Pushidrosal membalas bahwa mereka tidak menolak harmonisasi, tetapi BIG belum menyediakan parameter transformasi yang akurat untuk perairan dalam. Dialog ini menunjukkan bahwa masalah integrasi bukan semata-mata teknis, tetapi juga melibatkan ego sektoral dan kurangnya mekanisme koordinasi yang efektif. Kondisi ini memiliki implikasi langsung terhadap keamanan maritim. Ketika aparat Bakamla atau TNI AL menerima laporan pelanggaran di suatu koordinat, mereka menggunakan peta navigasi Pushidrosal, sementara dasar hukum untuk penindakan mengacu pada RZWP-3K yang disusun berdasarkan peta BIG. Perbedaan koordinat sebesar 500 meter dapat berarti perbedaan antara wilayah yurisdiksi Indonesia dan ZEE atau bahkan laut lepas.

### **Kesenjangan Temporal antara Peta Zonasi dan Ancaman Aktual**

Temuan kedua penelitian ini berkaitan dengan kesenjangan temporal. Dari wawancara dengan informan KKP, diketahui bahwa peta dasar untuk RZWP-3K Provinsi Kepri yang digunakan hingga saat ini berasal dari citra satelit tahun 2018 dengan update terakhir pada 2021. Dengan kata lain, data yang digunakan berusia 7 tahun (pada saat penelitian dilakukan di 2025). Hal serupa terjadi di Sulawesi Utara, dengan peta dasar tahun 2019 dan update terakhir 2022 (usia data 3-6 tahun). Sementara itu, data AIS yang dianalisis untuk periode Januari–Maret 2025 menunjukkan adanya pergerakan kapal asing yang sangat dinamis. Di perairan Natuna, rata-rata terdapat 23 kapal asing per hari yang melintas atau beroperasi di zona yang menurut peta RZWP-3K adalah kawasan perikanan terbatas. Namun, karena peta yang digunakan sudah usang, otoritas pelabuhan setempat tidak memiliki basis data spasial yang akurat untuk membedakan antara kapal yang melintas di alur yang sah dan kapal yang melakukan IUU *fishing*.

Informan dari Bakamla menggambarkan frustrasi di lapangan: pihaknya sering menerima laporan dari masyarakat nelayan tentang kapal asing yang masuk ke wilayah Indonesia, tetapi ketika dicek koordinatnya di peta operasional, kadang area itu masuk zona abu-abu tidak jelas apakah masih wilayah Indonesia atau sudah ZEE. Akibatnya, aparat tidak bisa menembak atau menahan tanpa bukti hukum yang kuat, sementara kapal asing tersebut sudah kabur. Pernyataan ini menunjukkan bahwa kesenjangan temporal bukan hanya masalah teknis, melainkan telah menjadi masalah operasional dan hukum yang menghambat efektivitas penegakan kedaulatan. Semakin lama periode update peta, semakin besar peluang terjadinya celah hukum yang dapat dimanfaatkan oleh pelaku pelanggaran keamanan maritim.

### **Blind Spots Spasial di Pulau-Pulau Kecil Terluar**

Temuan ketiga menyangkut cakupan data geospasial resolusi tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pulau-pulau kecil terluar seperti Miangas hanya memiliki cakupan data geospasial resolusi tinggi (resolusi spasial <1 meter) sebesar 42% dari total wilayah pulau dan perairan sekitarnya. Sebagai perbandingan, wilayah pesisir Jawa dan Sumatera memiliki cakupan data resolusi tinggi di atas 85%. Kesenjangan ini terjadi karena prioritas pemetaan BIG dan Pushidrosal selama ini lebih terfokus pada wilayah dengan kepadatan penduduk dan aktivitas ekonomi tinggi. Akibatnya, pulau-pulau kecil terluar menjadi blind spots spasial. Di Pulau Miangas, misalnya, tidak tersedia peta batimetri detail untuk perairan di sekitarnya. Padahal, informasi kedalaman laut sangat penting untuk menentukan batas laut teritorial dan alur pelayaran.

Informan dari TNI AL mengakui bahwa pihaknya tidak bisa berpatroli secara optimal di sekitar Miangas karena peta laut yang tersedia terlalu kasar. Terdapat karang dan gosong yang tidak terpetakan, sehingga kapal patroli besar tidak berani masuk terlalu dekat. Kondisi ini menciptakan celah keamanan yang nyata. Kapal asing yang mengetahui kelemahan ini dapat memasuki perairan Indonesia melalui rute-rute yang tidak terdeteksi karena tidak terpetakan. Selain itu, kurangnya data resolusi tinggi juga menghambat upaya diplomasi maritim. Ketika terjadi klaim sepihak oleh negara tetangga, Indonesia sering kesulitan menyajikan peta detail yang menunjukkan bukti kepemilikan atau aktivitas ekonomi efektif di pulau-pulau kecil terluar. Dengan kata lain, *blind spots spasial* tidak hanya melemahkan patroli, tetapi juga melemahkan posisi tawar Indonesia di forum internasional.

### **Model Integrasi SIG Berbasis Keamanan: Maritime Spatial Data Infrastructure (MSDI) Terintegrasi**

Berdasarkan ketiga temuan di atas, penelitian ini merumuskan model integrasi SIG yang disebut *Maritime Spatial Data Infrastructure (MSDI) Terintegrasi*. Model ini memiliki tiga komponen utama yang saling terkait. Komponen pertama adalah harmonisasi datum geodetis melalui adopsi tunggal INGeSIG 2025 yang disepakati oleh BIG, Pushidrosal, dan Kemenhan. Harmonisasi ini harus disertai dengan peta transisi (*transition map*) selama 18 bulan untuk memungkinkan semua institusi menyesuaikan sistem mereka secara bertahap. Komponen kedua adalah mekanisme update real-time dengan memanfaatkan data satelit Sentinel-1 (resolusi 10 meter) dan data AIS yang diintegrasikan setiap 6 jam. Data dari kedua sumber ini diolah menggunakan algoritma deteksi anomali yang secara otomatis memberi peringatan ketika terjadi ketidaksesuaian antara peta zonasi statis dengan pergerakan kapal aktual. Komponen ketiga adalah sistem akses berjenjang di mana data mentah resolusi tinggi hanya dapat diakses oleh institusi keamanan (TNI AL, Bakamla) melalui jaringan terenkripsi, sementara data turunan untuk publik dapat diakses melalui portal terbuka. Model ini secara teoretis mampu mengatasi kelemahan sistem yang ada karena menggabungkan akurasi spasial, kecepatan update, dan keamanan data. Namun, implementasinya memerlukan komitmen politik tingkat tinggi dan alokasi anggaran yang tidak kecil, termasuk untuk pelatihan sumber daya manusia dan pengadaan infrastruktur server yang memadai.

### **KESIMPULAN, REKOMENDASI, DAN KETERBATASAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, terdapat tiga kesimpulan utama yang menjawab kedua rumusan masalah. Pertama, tingkat integrasi data geospasial antar institusi (BIG, Pushidrosal, KKP, dan TNI AL) dalam penyusunan RZWP-3K di pulau-pulau kecil terluar masih parsial dan fragmentaris. Tingkat tumpang tindih batas zonasi mencapai rata-rata 34%, dengan perbedaan koordinat antara peta BIG dan peta Pushidrosal mencapai 500 hingga 1.200 meter di lokasi tertentu. Penyebab utamanya adalah perbedaan standar datum geodetis (INGeSIG 2013 versus WGS-84 modifikasi) serta belum adanya mekanisme koordinasi tetap antar lembaga. Kondisi ini menjawab rumusan masalah pertama bahwa integrasi data geospasial belum berjalan efektif dan justru menciptakan kerentanan baru dalam sistem keamanan maritim nasional. Kedua, ketidaksesuaian antara peta zonasi dengan dinamika ancaman keamanan maritim aktual terjadi karena dua jenis kesenjangan: kesenjangan temporal (rata-rata update peta 5 hingga 7 tahun sekali sementara pola ancaman berubah dalam hitungan minggu) dan kesenjangan spasial (cakupan data resolusi tinggi hanya 42% di pulau-pulau kecil terluar). Kesenjangan ini menciptakan *blind spots* spasial yang secara empiris telah dimanfaatkan untuk *IUU fishing*, pelanggaran alur laut kepulauan, dan bahkan klaim wilayah oleh negara tetangga. Sistem Informasi Geospasial dapat menjembatani kesenjangan ini jika diintegrasikan dengan data real-time (satelit dan AIS) dalam platform *Maritime Spatial Data Infrastructure (MSDI)* yang terenkripsi. Hal ini menjawab rumusan masalah kedua bahwa SIG bukan sekadar alat teknis pemetaan, melainkan instrumen strategis untuk menutup celah kedaulatan. Ketiga, model integrasi yang diusulkan berupa MSDI Terintegrasi dengan tiga komponen (harmonisasi datum, update real-time, dan akses berjenjang) terbukti secara teoretis mampu mengatasi kelemahan sistem yang ada, namun implementasinya memerlukan komitmen politik dan alokasi anggaran yang signifikan.

Berdasarkan kesimpulan di atas, penelitian ini memberikan empat rekomendasi. Rekomendasi teknis: harmonisasi datum geodetis nasional menuju referensi tunggal INGeSIG 2025 harus selesai paling lambat tahun 2027, dengan BIG dan Pushidrosal membentuk tim kerja bersama yang menargetkan terbitnya peta peralihan (*transition map*) dalam waktu 18 bulan. Rekomendasi kelembagaan: dibentuk Task Force Integrasi

Data Geospasial Keamanan Maritim di bawah koordinasi Bakamla, dengan anggota tetap dari BIG, Pushidrosal, KKP, dan TNI AL, yang bertemu minimal sebulan sekali dan memiliki kewenangan untuk menyelesaikan sengketa data antar lembaga. Rekomendasi kebijakan: revisi Peraturan Presiden Nomor 33 Tahun 2021 tentang BIG dengan menambahkan pasal tentang kewajiban real-time update untuk pulau-pulau kecil terluar (frekuensi minimum 6 bulan sekali) serta kewajiban berbagi data (data sharing) antar lembaga keamanan. Rekomendasi operasional: pemanfaatan teknologi *cloud-based GIS* yang memungkinkan overlay otomatis antara peta zonasi dan data AIS/satelit, serta pengembangan *Maritime Situational Awareness System* oleh Bakamla yang mengintegrasikan ketiga sumber data tersebut.

Penelitian ini memiliki empat keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, keterbatasan akses data karena sebagian peta dari Pushidrosal dan Kementerian Pertahanan masih berstatus rahasia, sehingga analisis *overlay* tidak dapat menggunakan resolusi penuh. Kedua, keterbatasan lokasi: penelitian hanya mencakup tiga pulau kecil terluar (Natuna, Sangihe, Miangas), sehingga generalisasi ke seluruh pulau kecil Indonesia (92 pulau terluar menurut Keputusan Presiden Nomor 78 Tahun 2005) perlu dilakukan dengan hati-hati. Ketiga, keterbatasan temporal: data ancaman keamanan hanya tersedia untuk periode 2020 hingga 2024 karena arsip Bakamla yang sistematis baru dimulai pada periode tersebut. Keempat, keterbatasan metode: penelitian ini tidak melakukan pengukuran lapangan (ground truth) dengan GPS geodetik, sehingga validitas absolut koordinat perbedaan batas zonasi hanya mengandalkan perbandingan antar peta tanpa verifikasi di lapangan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengatasi keterbatasan ini dengan melibatkan survei GPS di pulau-pulau terluar serta menambahkan analisis kuantitatif berupa pemodelan spasial kerentanan keamanan maritim.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agardy, T., Notarbartolo di Sciara, G., & Christie, P. (2011). Mind the gap: Addressing the shortcomings of marine protected areas through large-scale marine spatial planning. In J. Humphreys & S. Fletcher (Eds.), *Marine spatial planning: Methodologies and environmental issues* (pp. 226–232). Routledge.
- Badan Informasi Geospasial. (2020). Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 lembar Natuna, Sangihe, dan Miangas. BIG.
- Badan Informasi Geospasial. (2023). Laporan tahunan simpul jaringan informasi geospasial nasional 2023. BIG Press.
- Badan Keamanan Laut Republik Indonesia. (2024). \*Laporan tahunan keamanan maritim 2020-2024\*. Bakamla RI.
- Crowder, L. B., & Norse, E. A. (2008). Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. *Marine Policy*, \*32\*(5), 772–778. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.012>
- Douvere, F. (2008). The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Marine Policy*, \*32\*(5), 762–771. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.021>
- Google Earth. (2016). Satellite view of Chicago [Map]. Retrieved April 2, 2016, from <https://www.google.com/maps/@41.7682665,-87.723154,93759m/data=!3m1!1e3>
- Hasan, A. M. (2022). Kedaulatan informasi geospasial di wilayah perbatasan laut Indonesia. *Jurnal Hukum Laut Indonesia*, \*4\*(1), 45–67.
- Holder, A. G. (2009). *Christian spirituality: The classics*. Routledge. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/up/detail.action?docID=446822>

- International Oceanographic Commission-UNESCO. (2021). *Marine spatial planning: A step-by-step approach toward ecosystem-based management (IOC Manual and Guides No. 53)*. UNESCO.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). *\*Pedoman penyusunan RZWP-3K provinsi edisi revisi\**. Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut.
- Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL. (2021). *Peta laut navigasi skala 1:200.000 lembar perairan Kepulauan Natuna*. Pushidrosal.
- Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL. (2023). *Katalog peta laut Indonesia skala besar untuk pulau-pulau terluar*. Pushidrosal.
- Republik Indonesia. (2007). *\*Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil\**. Lembaran Negara RI Tahun 2007 No. 84, Tambahan Lembaran Negara No. 4739.
- Republik Indonesia. (2011). *\*Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial\**. Lembaran Negara RI Tahun 2011 No. 49, Tambahan Lembaran Negara No. 5214.
- Republik Indonesia. (2014). *\*Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil\**. Lembaran Negara RI Tahun 2014 No. 2, Tambahan Lembaran Negara No. 5490.
- Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Presiden Nomor 33 Tahun 2021 tentang Badan Informasi Geospasial*. Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Informasi Geospasial*. Sekretariat Negara.
- The University of Chicago Press. (2017). *The Chicago manual of style (17th ed.)*. University of Chicago Press.
- United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS)*. Montego Bay, Jamaica. Entered into force November 16, 1994.
- United Nations Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea. (2020). *Maritime spatial planning in the context of the BBNJ agreement*. UN DOALOS.
- US Geological Survey. (1951). *California: Yosemite quadrangle [Map]*. National Map, Historic Topographic Map Collection. <http://nationalmap.gov/>