

Pengembangan SIG Partisipatif sebagai Alat Deteksi Dini Ancaman Keamanan Laut oleh Masyarakat Pesisir Natuna

Dwi Wahyu Febriyanto^{1*}, Desi Albert Mamahit², Firdaus³

^{1,2,3}Universitas Pertahanan, Kawasan IPSC Sentul, Jl. Anyar, Sukahati,
Kec. Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16810
dwi.febriyanto@km.idu.ac.id

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Received : 31 Mei, 2026

Revised : 8 Juni, 2026

Accepted : 9 Juni, 2026

Kata Kunci:

Sistem Informasi Geografis;
Keamanan Maritim;
Masyarakat Pesisir;
Laut Natuna Utara;
Deteksi Dini Ancaman;
Pengawasan Maritim.

ABSTRAK

Wilayah Laut Natuna Utara memiliki nilai strategis tinggi dari aspek kedaulatan, keamanan, dan potensi sumber daya alam, namun demikian, kawasan ini masih menghadapi berbagai ancaman seperti *illegal fishing*, pelanggaran wilayah, dan aktivitas maritim ilegal lainnya yang berpotensi mengganggu stabilitas dan keamanan nasional. Keterbatasan pengawasan di wilayah laut yang luas menjadikan keterlibatan masyarakat pesisir sebagai aktor penting dalam mendukung sistem keamanan maritim berbasis partisipasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) partisipatif sebagai alat deteksi dini ancaman keamanan laut yang berbasis pada peran masyarakat pesisir. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi data spasial berbasis masyarakat dengan teknologi SIG mampu meningkatkan kecepatan identifikasi, akurasi pelaporan, dan efektivitas respons terhadap potensi ancaman di wilayah laut. Selain itu, model SIG partisipatif yang dikembangkan mendorong kolaborasi antara masyarakat, pemerintah, dan aparat keamanan dalam sistem pengawasan berbasis komunitas. Dengan demikian, SIG partisipatif berpotensi menjadi instrumen strategis dalam memperkuat sistem keamanan maritim nasional, khususnya di wilayah Laut Natuna Utara.

PENDAHULUAN

Wilayah Laut Natuna Utara merupakan salah satu kawasan strategis dalam konteks keamanan maritim Indonesia. Secara geografis, wilayah ini berada pada jalur pelayaran internasional serta memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, khususnya di sektor perikanan dan energi (KKP, 2020). Posisi tersebut menjadikan Laut Natuna Utara tidak hanya penting dari sisi ekonomi, tetapi juga krusial dalam menjaga kedaulatan dan stabilitas keamanan nasional. Namun demikian, kawasan ini dihadapkan pada berbagai tantangan, seperti praktik *illegal fishing*, pelanggaran batas wilayah, serta aktivitas

maritim ilegal lainnya yang berpotensi mengganggu keamanan dan ketertiban laut (B. K. L. R. Indonesia, 2021; Bueger, 2015).

Dalam konteks pengawasan dan pengamanan wilayah laut, negara melalui aparat penegak hukum memiliki keterbatasan, baik dari segi jumlah personel, sarana prasarana, maupun cakupan wilayah yang sangat luas. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan alternatif yang lebih inklusif dan adaptif, salah satunya melalui pelibatan masyarakat pesisir sebagai bagian dari sistem keamanan maritim. Masyarakat pesisir memiliki keunggulan berupa kedekatan geografis, pengetahuan lokal, serta intensitas interaksi yang tinggi dengan lingkungan laut, sehingga berpotensi menjadi sumber informasi awal terhadap berbagai aktivitas mencurigakan di wilayah perairan (Goodchild, 2007; Organization, 2018).

Di sisi lain, perkembangan teknologi informasi, khususnya Sistem Informasi Geografis (SIG), membuka peluang besar dalam meningkatkan efektivitas pengawasan wilayah laut. SIG memungkinkan pengumpulan, pengolahan, analisis, dan visualisasi data spasial secara terintegrasi, sehingga mampu memberikan gambaran situasi secara lebih komprehensif dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat (Geospasial, 2019); Longley et al., 2015). Dalam konteks ini, konsep SIG partisipatif menjadi relevan untuk dikembangkan, yaitu suatu pendekatan yang mengintegrasikan data spasial yang dikumpulkan oleh masyarakat dengan sistem teknologi berbasis SIG. Melalui pendekatan ini, masyarakat tidak hanya berperan sebagai objek, tetapi juga sebagai subjek aktif dalam proses pengawasan dan pelaporan (Brown & Kyttä, 2014; McCall & Dunn, 2012).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pemanfaatan SIG dalam bidang kelautan dan keamanan, sebagian besar masih berfokus pada penggunaan teknologi oleh institusi pemerintah atau lembaga formal. Penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan peran masyarakat pesisir dalam sistem SIG untuk mendukung keamanan maritim masih relatif terbatas, khususnya pada konteks wilayah Laut Natuna Utara. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu diisi, terutama dalam merumuskan model yang mampu menggabungkan keunggulan teknologi SIG dengan partisipasi masyarakat secara efektif dan berkelanjutan (Brown & Kyttä, 2014; McCall & Dunn, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berupaya untuk mengkaji pengembangan SIG partisipatif sebagai alat deteksi dini terhadap ancaman keamanan laut yang melibatkan masyarakat pesisir. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kemampuan deteksi dan respons terhadap potensi ancaman, tetapi juga memperkuat sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan aparat keamanan dalam menjaga kedaulatan wilayah laut. Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi teoritis dalam pengembangan konsep SIG partisipatif, sekaligus kontribusi praktis dalam mendukung sistem keamanan maritim nasional, khususnya di wilayah Laut Natuna Utara.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif-analitis, yang bertujuan untuk mengkaji secara mendalam pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) partisipatif dalam mendukung deteksi dini ancaman keamanan laut di wilayah Laut Natuna Utara. Pendekatan ini dipilih karena mampu menjelaskan fenomena

secara kontekstual, khususnya terkait interaksi antara teknologi, masyarakat pesisir, dan sistem keamanan maritim (McCall & Dunn, 2012).

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui studi literatur yang meliputi jurnal ilmiah, laporan resmi pemerintah, dokumen kebijakan, serta publikasi yang relevan dengan topik SIG, keamanan maritim, dan pemberdayaan masyarakat pesisir (B. K. L. R. Indonesia, 2021; Organization, 2018)

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan (*library research*), dengan menelaah berbagai sumber yang memiliki kredibilitas akademik dan relevansi substansi. Literatur yang dikaji mencakup konsep dasar Sistem Informasi Geografis, SIG partisipatif, sistem keamanan maritim, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengawasan wilayah pesisir. Selain itu, dokumen kebijakan terkait pengelolaan wilayah laut dan keamanan maritim Indonesia juga dianalisis untuk memperkuat landasan normatif penelitian (Longley et al., 2015; Geospasial, 2019).

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif, yaitu dengan mengorganisasi, menginterpretasi, dan mensintesis data yang telah dikumpulkan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif. Proses analisis meliputi tahap reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Dalam tahap ini, peneliti mengidentifikasi pola, hubungan, serta potensi integrasi antara peran masyarakat pesisir dan pemanfaatan SIG dalam konteks keamanan laut (Brown & Kytä, 2014)

Perancangan Model SIG Partisipatif

Sebagai bagian dari penelitian, dilakukan pemodelan konseptual terhadap SIG partisipatif yang dapat digunakan sebagai alat deteksi dini ancaman keamanan laut. Model ini dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu:

1. Pengumpulan data berbasis masyarakat, berupa laporan aktivitas mencurigakan di laut oleh masyarakat pesisir;
2. Pengolahan data spasial, yang dilakukan sistem SIG untuk memetakan lokasi dan jenis ancaman;
3. Visualisasi dan analisis, dalam bentuk peta tematik yang dapat digunakan oleh pemangku kepentingan;
4. Sistem komunikasi dan respons, yang menghubungkan masyarakat dengan aparat keamanan secara cepat dan terkoordinasi.

Konsep tersebut mengacu pada prinsip SIG partisipatif yang menempatkan masyarakat sebagai bagian dari proses pengumpulan dan validasi informasi spasial guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif (Goodchild, 2007; McCall & Dunn, 2012).

Validitas Data

Untuk menjaga validitas data, penelitian ini menggunakan teknik triangulasi sumber, yaitu membandingkan berbagai referensi dan hasil penelitian terdahulu guna memastikan konsistensi informasi. Selain itu, analisis dilakukan secara sistematis dan berbasis pada kerangka teori yang relevan, sehingga hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara akademik (Brown & Kyttä, 2014).

Dengan metode ini, diharapkan penelitian mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana SIG partisipatif dapat dikembangkan sebagai instrumen strategis dalam mendukung sistem keamanan maritim berbasis masyarakat, khususnya di wilayah Laut Natuna Utara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah Laut Natuna Utara memiliki kompleksitas ancaman yang tidak hanya bersifat konvensional, tetapi juga non-konvensional, seperti illegal fishing, penyelundupan, dan pelanggaran batas wilayah oleh kapal asing. Kondisi ini menuntut adanya sistem pengawasan yang tidak hanya mengandalkan aparat negara, tetapi juga melibatkan aktor non-negara, khususnya masyarakat pesisir. Dalam konteks ini, pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) partisipatif menjadi pendekatan yang relevan dan strategis untuk mendukung keamanan maritim yang lebih adaptif dan kolaboratif (B. K. L. R. Indonesia, 2021; Bueger, 2015)

Peran Masyarakat Pesisir dalam Sistem Keamanan Maritim

Masyarakat pesisir merupakan elemen penting dalam sistem keamanan laut karena memiliki kedekatan langsung dengan wilayah perairan serta aktivitas maritim sehari-hari. Keunggulan ini memungkinkan masyarakat untuk menjadi “sensor awal” dalam mendeteksi aktivitas mencurigakan yang terjadi di laut. Konsep masyarakat sebagai penyedia informasi lapangan sejalan dengan gagasan *citizen as sensors* yang menempatkan warga sebagai sumber data yang mampu menjadi *decision support* berbasis informasi spasial (Goodchild, 2007)

Namun, dalam praktiknya, peran tersebut belum terintegrasi secara sistematis dalam suatu mekanisme yang terstruktur dan berbasis teknologi. Selama ini, pelaporan dari masyarakat cenderung bersifat sporadis, tidak terdokumentasi dengan baik, dan sering kali tidak ditindaklanjuti secara cepat karena keterbatasan sistem komunikasi dan koordinasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun masyarakat pesisir memiliki potensi besar dalam mendukung pengawasan wilayah laut, efektivitas kontribusinya masih terbatas tanpa adanya sistem yang mampu mengelola informasi secara terintegrasi (McCall & Dunn, 2012). Oleh karena itu, diperlukan suatu platform yang dapat menghubungkan masyarakat dengan pemangku kepentingan secara cepat, akurat, dan berkelanjutan.

SIG Partisipatif sebagai Instrumen Deteksi Dini

SIG partisipatif menawarkan solusi dengan menggabungkan teknologi geospasial dan partisipasi masyarakat dalam satu sistem informasi yang terstruktur. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat pesisir dapat berperan sebagai penyedia data lapangan (*crowdsourced data*), yang kemudian diolah menjadi informasi spasial yang memiliki nilai strategis bagi pengawasan wilayah laut (Brown & Kyttä, 2014).

Melalui SIG partisipatif, setiap laporan dari masyarakat dapat dikonversi menjadi data spasial yang mencakup lokasi, waktu, dan jenis aktivitas yang terdeteksi. Data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta tematik yang dapat diakses oleh pemangku kepentingan, seperti aparat keamanan laut. Dengan demikian, proses deteksi dini tidak lagi bergantung pada patroli fisik semata, tetapi juga didukung oleh aliran informasi berbasis komunitas.

Lebih lanjut, SIG memungkinkan analisis pola (*pattern analysis*) terhadap aktivitas ilegal yang terjadi di wilayah laut. Analisis tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah rawan (*hotspot*), frekuensi kejadian, serta pola pergerakan kapal yang mencurigakan. Pemanfaatan data spasial dan teknologi penginderaan jauh dalam proses ini dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap ancaman keamanan maritim (Campbell & Wynne, 2011).

Tabel 1. Analisis Peran SIG Partisipatif di Laut Natuna Utara

Aspek	Kondisi Eksisting	Peran SIG Partisipatif	Dampak yang Diharapkan
Deteksi ancaman	Pengawasan bergantung pada patroli aparat yang terbatas	Masyarakat melaporkan aktivitas mencurigakan secara berbasis lokasi	Deteksi dini lebih cepat dan luas
Pengumpulan informasi	Informasi tersebar dan tidak terdokumentasi	Data terintegrasi dalam basis data spasial	Informasi lebih sistematis dan mudah dianalisis
Analisis wilayah rawan	Identifikasi ancaman dilakukan secara terbatas	SIG memetakan hotspot dan pola kejadian	Prioritas pengawasan lebih tepat sasaran
Koordinasi antar aktor	Komunikasi antar pemangku kepentingan belum optimal	Platform berbagi informasi secara real-time	Respons lebih cepat dan terkoordinasi
Pengambilan keputusan	Data pendukung terbatas	Visualisasi spasial dan peta tematik	Keputusan lebih akurat dan berbasis data
Partisipasi masyarakat	Bersifat sporadis dan informal	Masyarakat menjadi bagian dari sistem pengawasan	Pengawasan maritim berbasis komunitas yang berkelanjutan

Tabel 1 menunjukkan bahwa penerapan SIG partisipatif berpotensi meningkatkan efektivitas sistem keamanan maritim melalui integrasi antara partisipasi masyarakat dan teknologi geospasial. Dibandingkan mekanisme pengawasan konvensional yang bergantung pada patroli aparat, pendekatan ini memungkinkan perluasan cakupan pengawasan, percepatan aliran informasi, serta peningkatan kualitas pengambilan keputusan. Dengan demikian, SIG partisipatif tidak hanya berfungsi sebagai alat pemetaan, tetapi juga sebagai instrumen kolaboratif yang memperkuat sistem deteksi dini ancaman keamanan laut di wilayah Laut Natuna Utara.

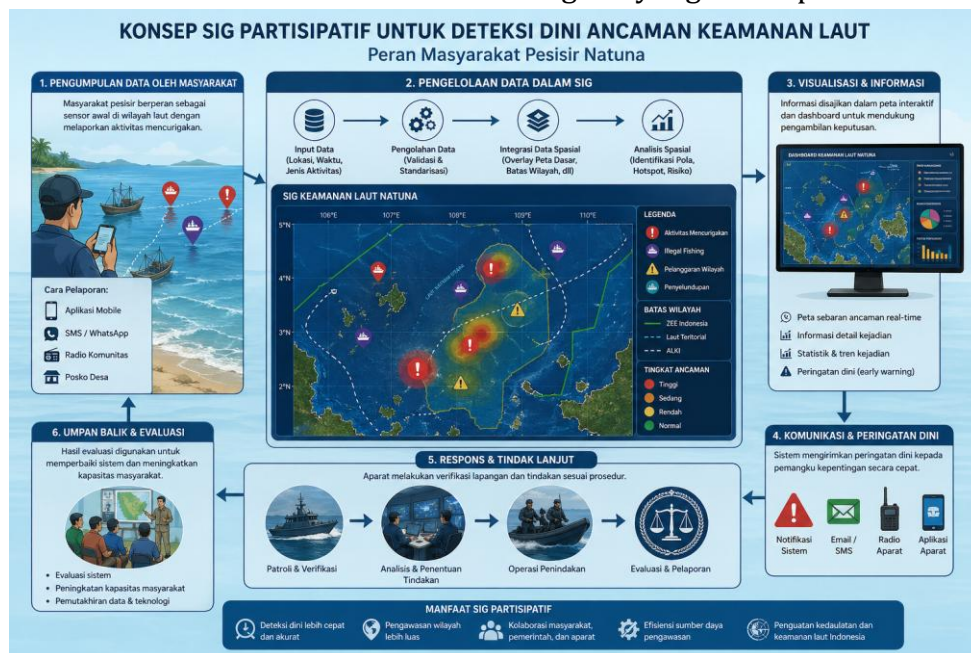
Integrasi Teknologi dan Kelembagaan

Keberhasilan implementasi SIG partisipatif tidak hanya bergantung pada aspek teknologi, tetapi juga pada integrasi kelembagaan antara masyarakat, pemerintah, dan

aparatus keamanan. Dalam hal ini, diperlukan mekanisme koordinasi yang jelas, termasuk alur pelaporan, verifikasi data, hingga respons terhadap informasi yang diterima.

Pemerintah memiliki peran penting dalam menyediakan infrastruktur teknologi, regulasi, serta program peningkatan kapasitas masyarakat pesisir agar mampu memanfaatkan sistem SIG secara optimal. Sementara itu, aparat keamanan bertanggung jawab melakukan verifikasi, tindak lanjut, dan respons terhadap informasi yang diterima. Di sisi lain, masyarakat berfungsi sebagai pengumpul informasi lapangan yang menjadi bagian dari sistem deteksi dini berbasis komunitas. Hubungan yang saling mendukung ini mencerminkan prinsip *Public Participation GIS (PPGIS)* yang menempatkan masyarakat sebagai mitra aktif dalam pengelolaan informasi spasial (Brown & Kyttä, 2014).

Gambar 1. Ilustrasi Integrasi yang diharapkan



Tantangan Implementasi SIG Partisipatif

Meskipun perkembangan teknologi digital semakin pesat, tingkat kesiapan masyarakat pesisir dalam memanfaatkan teknologi informasi masih bervariasi. Sebagian masyarakat telah terbiasa menggunakan perangkat telepon pintar dan aplikasi digital dalam aktivitas sehari-hari, namun tidak sedikit yang masih memiliki keterbatasan dalam memahami penggunaan aplikasi berbasis geospasial. Kondisi ini berpotensi memengaruhi kualitas dan kuantitas data yang dihasilkan oleh sistem SIG partisipatif. Oleh karena itu, pengembangan kapasitas masyarakat melalui pelatihan dan pendampingan menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan sejak tahap awal implementasi. (Goodchild, 2007) menjelaskan bahwa partisipasi masyarakat dalam penyediaan data spasial akan memberikan hasil yang optimal apabila didukung oleh pemahaman yang memadai mengenai proses pengumpulan dan pelaporan informasi.

Tantangan berikutnya berkaitan dengan aspek kelembagaan dan koordinasi antarpemangku kepentingan. Implementasi SIG partisipatif melibatkan berbagai aktor, mulai dari masyarakat pesisir, pemerintah daerah, aparat keamanan, hingga instansi yang memiliki kewenangan dalam pengelolaan data geospasial. Tanpa adanya mekanisme

koordinasi yang jelas, informasi yang telah dikumpulkan berpotensi mengalami keterlambatan dalam proses verifikasi maupun tindak lanjut. (McCall & Dunn, 2012) menekankan bahwa keberhasilan sistem informasi spasial berbasis partisipasi sangat dipengaruhi oleh kejelasan tata kelola dan pembagian peran antaraktor yang terlibat. Dengan demikian, penyusunan prosedur operasional yang terstandarisasi menjadi kebutuhan penting dalam mendukung efektivitas sistem.

Selain itu, tantangan juga muncul pada aspek kualitas dan validitas data. Data yang berasal dari masyarakat memiliki keunggulan dari sisi kecepatan dan cakupan informasi, namun tetap memiliki risiko berupa ketidakakuratan, duplikasi laporan, atau bahkan informasi yang bersifat subjektif. Untuk mengurangi potensi tersebut, diperlukan mekanisme verifikasi berlapis yang mengombinasikan laporan masyarakat dengan sumber data lain, seperti patroli lapangan, sistem pemantauan kapal, maupun data penginderaan jauh. Menurut Longley et al. (2015), integrasi berbagai sumber data spasial dapat meningkatkan reliabilitas informasi dan menghasilkan analisis yang lebih akurat untuk mendukung pengambilan keputusan.

Tantangan lainnya adalah keberlanjutan sistem dalam jangka panjang. Banyak program berbasis partisipasi masyarakat yang berjalan efektif pada tahap awal, namun mengalami penurunan aktivitas setelah dukungan program atau pendanaan berakhir. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang mampu menjaga motivasi masyarakat agar tetap aktif berpartisipasi. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan umpan balik terhadap setiap laporan yang disampaikan serta menunjukkan dampak nyata dari kontribusi masyarakat terhadap keamanan wilayah. Brown & Kytä (2014) menyatakan bahwa tingkat partisipasi publik cenderung meningkat ketika masyarakat merasa bahwa keterlibatan mereka memiliki pengaruh terhadap proses pengambilan keputusan dan menghasilkan manfaat yang nyata.

Di sisi lain, perkembangan ancaman maritim yang semakin dinamis juga menuntut sistem SIG partisipatif untuk terus beradaptasi. Aktivitas ilegal di laut tidak selalu memiliki pola yang sama dan dapat berubah seiring perkembangan teknologi maupun situasi geopolitik kawasan. Oleh sebab itu, sistem yang dikembangkan harus memiliki fleksibilitas untuk mengakomodasi berbagai jenis ancaman baru yang mungkin muncul di masa depan. Kemampuan adaptasi tersebut menjadi salah satu faktor penting dalam memastikan bahwa SIG partisipatif tetap relevan sebagai instrumen pendukung keamanan maritim yang berkelanjutan (Bueger, 2015).

Implikasi Strategis terhadap Keamanan Maritim

Pengembangan SIG partisipatif memiliki implikasi strategis dalam memperkuat sistem keamanan maritim nasional. Dengan adanya integrasi antara teknologi dan partisipasi masyarakat, sistem pengawasan menjadi lebih luas, adaptif, dan responsif terhadap dinamika ancaman di laut. Hal ini sejalan dengan konsep keamanan maritim modern yang menekankan pada pendekatan kolaboratif antara *stakeholder* serta pemanfaatan informasi sebagai dasar pengambilan keputusan (Bueger, 2015; Organization, 2018).

Lebih jauh, implementasi SIG partisipatif juga dapat memperkuat posisi Indonesia dalam menjaga kedaulatan wilayah laut, khususnya di Laut Natuna Utara yang memiliki nilai geopolitik tinggi. Dengan memanfaatkan potensi masyarakat sebagai bagian dari sistem deteksi dini, negara dapat meningkatkan efektivitas pengawasan tanpa harus sepenuhnya bergantung pada peningkatan kapasitas militer atau patroli fisik.

Dengan demikian, pembahasan ini menunjukkan bahwa SIG partisipatif bukan hanya sekadar inovasi teknologi, tetapi merupakan pendekatan strategis yang mengintegrasikan aspek sosial, teknologi, dan kelembagaan dalam mendukung keamanan maritim secara berkelanjutan.

Analisis Potensi Implementasi SIG Partisipatif di Laut Natuna Utara

Laut Natuna Utara merupakan salah satu wilayah strategis Indonesia yang memiliki peran penting dalam aspek ekonomi, keamanan, dan kedaulatan negara. Kawasan ini menghadapi berbagai ancaman keamanan maritim, mulai dari *illegal fishing*, penyelundupan, hingga pelanggaran wilayah oleh kapal asing. Kondisi tersebut menjadi tantangan tersendiri mengingat luasnya wilayah perairan yang harus diawasi oleh aparat keamanan (B. K. L. R. Indonesia, 2021).

Dalam situasi tersebut, masyarakat pesisir dapat menjadi salah satu elemen penting dalam mendukung pengawasan wilayah laut. Kedekatan mereka dengan aktivitas maritim sehari-hari membuat masyarakat lebih mudah mengenali perubahan situasi maupun aktivitas yang dianggap tidak biasa. (Goodchild, 2007) memperkenalkan konsep *citizen as sensors*, yaitu gagasan bahwa masyarakat dapat berperan sebagai sumber informasi yang mampu menyediakan data lapangan secara cepat dan berkesinambungan. Konsep ini sangat relevan diterapkan di wilayah Natuna yang memiliki karakteristik geografis luas dan kompleks.

Melalui SIG partisipatif, informasi yang diperoleh masyarakat tidak lagi hanya menjadi laporan informal, tetapi dapat diolah menjadi data spasial yang memiliki nilai strategis. McCall & Dunn (2012) menjelaskan bahwa keterlibatan masyarakat dalam pengumpulan informasi spasial mampu memperkaya basis data sekaligus meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Dengan dukungan teknologi geospasial, setiap laporan dapat dilengkapi dengan informasi lokasi, waktu kejadian, serta jenis ancaman yang terdeteksi sehingga memudahkan proses verifikasi dan tindak lanjut.

Kemampuan SIG dalam mengintegrasikan berbagai sumber data juga menjadi salah satu keunggulan utama pendekatan ini. Informasi yang berasal dari masyarakat dapat dikombinasikan dengan data patroli, citra satelit, maupun informasi dari instansi terkait lainnya sehingga menghasilkan gambaran situasi yang lebih komprehensif. Menurut (Longley et al., 2015), integrasi data spasial semacam ini memungkinkan proses analisis dilakukan secara lebih efektif dan mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti.

Di samping aspek teknis, SIG partisipatif juga memberikan manfaat sosial. Keterlibatan masyarakat dalam sistem pengawasan dapat meningkatkan rasa tanggung jawab terhadap wilayah laut di sekitarnya. Brown & Kyttä (2014) menyebutkan bahwa partisipasi publik dalam pengelolaan informasi spasial berkontribusi terhadap terbentuknya kesadaran kolektif dan kepedulian terhadap lingkungan. Dengan demikian,

SIG partisipatif tidak hanya berfungsi sebagai instrumen teknologi, tetapi juga sebagai sarana pemberdayaan masyarakat dalam menjaga keamanan maritim.

Model Pengembangan SIG Partisipatif yang Berkelanjutan

Pengembangan SIG partisipatif tidak cukup hanya berfokus pada penyediaan teknologi, tetapi juga memerlukan perhatian terhadap aspek sosial dan kelembagaan yang mendukung keberlanjutan sistem. (Brown & Kyttä, 2014) menegaskan bahwa keberhasilan suatu sistem partisipatif sangat dipengaruhi oleh kemampuan para pemangku kepentingan dalam membangun kolaborasi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, pengembangan SIG partisipatif perlu dipandang sebagai suatu ekosistem yang menghubungkan masyarakat, pemerintah, dan aparat keamanan dalam satu mekanisme kerja yang terintegrasi.

Dari aspek teknologi, sistem yang dikembangkan harus mampu menjawab kebutuhan pengguna di lapangan. Sebagian besar masyarakat pesisir saat ini telah menggunakan telepon pintar sebagai sarana komunikasi sehari-hari, sehingga platform pelaporan berbasis aplikasi menjadi pilihan yang realistis untuk diterapkan. Namun demikian, kompleksitas fitur perlu disesuaikan dengan kemampuan pengguna agar sistem dapat dimanfaatkan secara optimal. Menurut (Campbell & Wynne, 2011), pemanfaatan teknologi geospasial yang didukung oleh data penginderaan jauh mampu meningkatkan akurasi informasi dan memperkuat proses pemantauan wilayah. Dengan dukungan teknologi tersebut, laporan masyarakat tidak hanya menjadi informasi verbal, tetapi dapat dikonversi menjadi data spasial yang lebih mudah dianalisis.

Selain aspek teknologi, kelembagaan memegang peranan penting dalam menjamin efektivitas sistem yang dibangun. Setiap laporan yang masuk perlu melalui tahapan yang jelas, mulai dari penerimaan informasi, verifikasi data, analisis ancaman, hingga tindak lanjut operasional oleh instansi terkait. Kejelasan mekanisme tersebut akan mengurangi potensi tumpang tindih kewenangan sekaligus mempercepat proses respons terhadap berbagai ancaman yang muncul. Sebagaimana dijelaskan oleh (McCall & Dunn, 2012), sistem informasi spasial berbasis partisipasi masyarakat akan berjalan lebih efektif apabila didukung oleh prosedur kerja yang terstruktur dan mudah dipahami oleh seluruh pihak yang terlibat.

Di samping itu, penguatan kapasitas masyarakat perlu menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari pengembangan SIG partisipatif. Kualitas informasi yang dihasilkan sangat bergantung pada kemampuan masyarakat dalam mengenali, mengumpulkan, dan melaporkan data yang relevan. (Goodchild, 2007) menjelaskan bahwa masyarakat dapat berperan sebagai penyedia data yang bernilai tinggi apabila memiliki pemahaman yang memadai mengenai proses pengumpulan informasi. Oleh sebab itu, kegiatan pelatihan, sosialisasi, dan pendampingan perlu dilakukan secara berkala agar masyarakat mampu berpartisipasi secara efektif dalam sistem pengawasan berbasis teknologi.

Aspek kepercayaan juga menjadi faktor yang menentukan keberlanjutan partisipasi masyarakat. Ketika laporan yang disampaikan memperoleh respons yang cepat dan jelas, masyarakat cenderung merasa bahwa kontribusinya dihargai sehingga mendorong keterlibatan yang lebih besar. Sebaliknya, rendahnya tindak lanjut terhadap laporan yang diberikan dapat mengurangi motivasi masyarakat untuk berpartisipasi dalam jangka

panjang. Dalam kajiannya, (Brown & Kytta, 2014) menyebutkan bahwa transparansi dan akuntabilitas merupakan fondasi utama dalam membangun partisipasi publik yang berkelanjutan. Oleh karena itu, setiap proses pengelolaan informasi perlu dilakukan secara terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam perspektif yang lebih luas, pengembangan SIG partisipatif dapat menjadi bagian dari strategi keamanan maritim nasional yang berbasis kolaborasi. (Bueger, 2015) menjelaskan bahwa konsep keamanan maritim modern tidak lagi hanya berorientasi pada kekuatan militer, tetapi juga mencakup pengelolaan informasi, kerja sama antarlembaga, serta keterlibatan masyarakat. Sejalan dengan pandangan tersebut, (Organization, 2018) menekankan pentingnya pemanfaatan informasi yang cepat, akurat, dan terintegrasi untuk menghadapi berbagai ancaman maritim kontemporer. Dengan demikian, pengembangan SIG partisipatif di Laut Natuna Utara tidak hanya berpotensi meningkatkan kemampuan deteksi dini, tetapi juga memperkuat sinergi antara masyarakat dan pemerintah dalam menjaga keamanan serta kedaulatan wilayah laut Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah Laut Natuna Utara menghadapi berbagai ancaman keamanan maritim, seperti *illegal fishing*, pelanggaran wilayah, dan aktivitas maritim ilegal lainnya yang memerlukan sistem pengawasan yang efektif dan berkelanjutan. Luasnya wilayah perairan serta keterbatasan sumber daya pengawasan yang dimiliki aparat keamanan menjadikan pelibatan masyarakat pesisir sebagai elemen penting dalam mendukung sistem deteksi dini ancaman di laut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) partisipatif memiliki potensi yang besar sebagai instrumen deteksi dini berbasis masyarakat. Integrasi antara data spasial yang diperoleh dari masyarakat pesisir dengan teknologi SIG memungkinkan proses identifikasi, pemetaan, dan pelaporan ancaman dilakukan secara lebih cepat, terstruktur, dan akurat. Selain itu, kemampuan SIG dalam melakukan analisis spasial memberikan dukungan yang signifikan bagi pengambilan keputusan dalam pengawasan dan pengamanan wilayah laut.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi SIG partisipatif tidak hanya bergantung pada aspek teknologi, tetapi juga pada sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan aparat keamanan. Kolaborasi tersebut diperlukan untuk memastikan tersedianya mekanisme pelaporan, verifikasi, dan respons yang efektif terhadap setiap informasi yang diterima. Dengan demikian, SIG partisipatif dapat menjadi salah satu pendekatan strategis dalam memperkuat keamanan maritim nasional melalui sistem pengawasan yang lebih kolaboratif, adaptif, dan berbasis informasi.

Sebagai rekomendasi, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model SIG partisipatif dalam bentuk prototipe atau aplikasi yang dapat diuji secara langsung di wilayah pesisir. Selain itu, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai aspek kelembagaan, kesiapan teknologi, dan tingkat partisipasi masyarakat guna mendukung implementasi SIG partisipatif secara berkelanjutan di wilayah Laut Natuna Utara maupun kawasan maritim Indonesia lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G., & Kyttä, M. (2014). Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. *Applied Geography*, 46, 122–136.
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing* (5th ed.). Guilford Press.
- Geospasial, B. I. (2019). *Pengantar Sistem Informasi Geografis*. BIG.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221.
- Indonesia, B. K. L. R. (2021). *Laporan Tahunan Keamanan Laut Indonesia*. Bakamla RI.
- Indonesia, K. K. dan P. R. (2020). *Statistik Kelautan dan Perikanan Indonesia*. KKP.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). Wiley.
- McCall, M. K., & Dunn, C. E. (2012). Geo-information tools for participatory spatial planning: Fulfilling the criteria for ‘good’ governance? *Geoforum*, 43(1), 81–94.
- Organization, I. M. (2018). *Maritime Security: Measures to Enhance Maritime Security*. IMO.