
Mangrove sebagai *Natural Defense* dalam Strategi Keamanan Maritim: Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan *Geographic Information Systems*

Muhammad Anta Azka*, Harri Dolli Hutabarat², Panji Suwarno³

^{1,2,3} Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

muhammad.azka@km.idu.ac.id^{1*}, harridolli68@gmail.com², panji.suwarno@idu.ac.id³

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Received : 29 April, 2026

Revised : 10 Mei, 2026

Accepted : 26 Mei, 2026

Kata Kunci:

Geographic Information System;
Keamanan Maritim;
Ketahanan Pesisir;
Mangrove;
Natural Defense.

ABSTRACT

Paradigma keamanan maritim Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan, di mana ancaman terhadap wilayah maritim tidak lagi terbatas pada agresi militer konvensional, tetapi juga mencakup degradasi lingkungan dan meningkatnya kerentanan ekologis di kawasan pesisir. Ekosistem mangrove memiliki nilai strategis, tidak hanya sebagai aset ekologis, tetapi juga sebagai natural defense yang mampu melindungi wilayah pesisir dari ancaman fisik maupun ancaman keamanan non-tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran strategis mangrove dalam keamanan maritim melalui analisis perubahan tutupan lahan menggunakan Geographic Information Systems. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif melalui studi literatur, analisis kebijakan, serta interpretasi data spasial sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa degradasi mangrove berpengaruh langsung terhadap ketahanan wilayah pesisir, stabilitas lingkungan maritim, dan postur keamanan maritim nasional. Oleh karena itu, konservasi mangrove perlu diintegrasikan ke dalam strategi pertahanan maritim Indonesia sebagai bagian dari upaya membangun ketahanan maritim yang berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki posisi geografis yang sangat strategis dalam dinamika keamanan kawasan Indo-Pasifik. Secara geografis, lebih dari dua pertiga wilayah Indonesia merupakan perairan yang menghubungkan Indian Ocean dan Pacific Ocean, menjadikan Indonesia sebagai salah satu aktor penting dalam stabilitas maritim regional maupun global. Selain itu, Indonesia memiliki garis pantai sepanjang sekitar 108.000 kilometer yang menempatkan kawasan pesisir sebagai ruang strategis bagi pertahanan negara, aktivitas ekonomi, dan keberlanjutan ekologi (Badan Informasi Geospasial, 2024). Posisi geostrategis tersebut menjadikan wilayah pesisir tidak hanya bernilai ekonomi, tetapi juga memiliki dimensi pertahanan dan keamanan nasional.

Dalam perspektif keamanan maritim kontemporer, ancaman terhadap wilayah laut tidak lagi terbatas pada agresi militer konvensional atau pelanggaran kedaulatan, tetapi berkembang ke bentuk ancaman non-tradisional seperti illegal, unreported, and

unregulated fishing (IUU Fishing), penyelundupan lintas batas, perompakan, degradasi lingkungan, perubahan iklim, dan kerusakan ekosistem pesisir (Bueger, 2015). Menurut konsep maritime security, keamanan laut pada abad ke-21 telah mengalami perluasan makna, dari yang sebelumnya berorientasi pada pertahanan militer menjadi keamanan multidimensional yang mencakup aspek ekonomi, lingkungan, dan ketahanan sosial (Buzan & Hansen, 2009). Perubahan paradigma tersebut mendorong perlunya pendekatan keamanan yang lebih komprehensif dan adaptif, termasuk melalui pemanfaatan sumber daya ekologis sebagai elemen pertahanan negara.

Salah satu ekosistem pesisir yang memiliki fungsi strategis adalah mangrove. Secara ekologis, mangrove memiliki kemampuan dalam menahan abrasi pantai, meredam energi gelombang, mengurangi intrusi air laut, serta menjaga stabilitas sedimen di kawasan pesisir (Alongi, 2008). Penelitian menunjukkan bahwa ekosistem mangrove mampu mereduksi energi gelombang secara signifikan, dengan tingkat penurunan yang dapat mencapai lebih dari 50% tergantung pada kerapatan vegetasi dan karakteristik biofisik kawasan, sehingga efektif dalam melindungi garis pantai dari ancaman hidrometeorologi (Horstman et al., 2014). Namun, dalam perspektif keamanan maritim, mangrove tidak hanya dipahami sebagai ekosistem ekologis, tetapi juga sebagai natural defense, yaitu sistem pertahanan alami yang mampu meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap ancaman fisik maupun non-fisik, termasuk dampak perubahan iklim dan kerentanan sosial ekonomi masyarakat pesisir (Spalding et al., 2014).

Indonesia saat ini tercatat sebagai negara dengan luas mangrove terbesar di dunia. Berdasarkan data Ministry of Environment and Forestry of Indonesia, total luas mangrove nasional mencapai sekitar 3,44 juta hektare atau sekitar 20–23 persen dari total ekosistem mangrove global (KLHK, 2024). Temuan ini diperkuat oleh penelitian Center for International Forestry Research yang menunjukkan bahwa Indonesia memiliki cadangan karbon mangrove terbesar di dunia, menjadikan ekosistem ini penting dalam mitigasi perubahan iklim sekaligus penguatan ketahanan pesisir (Murdiyarso et al., 2015). Namun demikian, berbagai tekanan antropogenik seperti konversi lahan menjadi tambak, ekspansi permukiman, urbanisasi pesisir, pembangunan industri, serta eksploitasi sumber daya alam telah menyebabkan degradasi mangrove secara signifikan di berbagai wilayah (Friess et al., 2019).

Melihat perkembangan tersebut, pemanfaatan Geographic Information Systems menjadi sangat penting untuk mendukung analisis perubahan tutupan lahan mangrove secara spasial dan temporal. Teknologi GIS memungkinkan integrasi data penginderaan jauh, pemetaan spasial, dan analisis perubahan ekosistem secara akurat, sehingga dapat digunakan sebagai instrumen pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan wilayah pesisir. Dalam konteks pertahanan, integrasi data geospasial dengan sistem keamanan maritim dapat mendukung peningkatan Maritime Domain Awareness, khususnya dalam mendeteksi kerentanan ekologis yang berpotensi berkembang menjadi ancaman keamanan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merumuskan dua pertanyaan utama. Pertama, bagaimana perubahan tutupan lahan mangrove memengaruhi ketahanan wilayah pesisir dalam perspektif keamanan maritim? Kedua, bagaimana

ekosistem mangrove dapat diintegrasikan ke dalam strategi pertahanan dan keamanan maritim Indonesia melalui pendekatan geospasial?

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif dengan desain penelitian konseptual (*conceptual research design*). Pendekatan ini dipilih karena mampu menjelaskan hubungan antara degradasi ekosistem mangrove dengan implikasi strategis terhadap keamanan maritim secara holistik (Creswell & Creswell, 2018).

Data penelitian diperoleh melalui:

1. Studi literatur dari jurnal internasional terkait keamanan maritim dan ekologi pesisir
2. Dokumen kebijakan nasional mengenai pengelolaan wilayah pesisir
3. Data sekunder tutupan lahan mangrove dari citra satelit dan publikasi pemerintah
4. Kajian spasial berbasis Geographic Information Systems

Analisis data dilakukan menggunakan content analysis dan strategic interpretation dengan menghubungkan perubahan tutupan lahan mangrove terhadap kerentanan keamanan wilayah pesisir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mangrove sebagai Komponen *Natural Defense* dalam Keamanan Maritim

Dalam studi keamanan modern, konsep pertahanan negara tidak lagi hanya dibangun melalui kekuatan militer konvensional, tetapi juga melalui kemampuan negara dalam menjaga ketahanan ekologis pada wilayah-wilayah strategis. Pendekatan ini berkembang seiring meluasnya konsep keamanan dari *state security* menuju *comprehensive security*, di mana ancaman lingkungan dapat memengaruhi stabilitas nasional secara langsung (Buzan & Hansen, 2009; Bueger, 2015). Pada kondisi negara maritim seperti Indonesia, ekosistem pesisir menjadi bagian penting dari infrastruktur pertahanan non-militer karena berfungsi menjaga keberlangsungan ruang hidup, aktivitas ekonomi, dan stabilitas kawasan maritim.

Salah satu ekosistem yang memiliki nilai strategis tersebut adalah mangrove. Secara biofisik, mangrove memiliki karakteristik akar tunjang dan sistem perakaran horizontal yang mampu menyerap dan mendistribusikan energi gelombang secara efektif. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa vegetasi mangrove dengan kerapatan tinggi mampu menurunkan energi gelombang hingga 50–66% hanya dalam jarak 100 meter dari sabuk vegetasi, tergantung pada struktur akar, diameter batang, dan kepadatan tegakan (Alongi, 2008; Horstman et al., 2014). Studi lain yang dilakukan oleh *Food and Agriculture Organization* menunjukkan bahwa gelombang laut dapat kehilangan hingga 50% energinya hanya dalam 50 meter pertama area mangrove yang padat, sehingga menjadikan mangrove sebagai benteng alami yang efektif terhadap abrasi, badai, dan gelombang ekstrem.

Melihat perkembangan perubahan iklim global, fungsi proteksi ini menjadi semakin relevan. Mangrove terbukti mampu menahan dampak *storm surge*, banjir rob, dan kenaikan muka laut yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim. Penelitian pasca 2004 Indian Ocean earthquake and tsunami menunjukkan bahwa wilayah pesisir yang

memiliki sabuk mangrove yang utuh mengalami tingkat kerusakan infrastruktur dan korban jiwa yang lebih rendah dibanding wilayah tanpa perlindungan vegetasi pesisir (Kathiresan & Rajendran, 2005). Temuan ini memperkuat posisi mangrove sebagai *nature-based coastal defense* yang memiliki fungsi strategis dalam keamanan nasional.

Selain fungsi fisik, mangrove juga memiliki nilai strategis dalam dimensi ekologis dan ekonomi maritim. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa ekosistem mangrove menyimpan karbon dalam jumlah yang sangat besar. Studi di Indonesia menunjukkan bahwa mangrove menyimpan sekitar 3,14 petagram karbon, atau sekitar 33% dari total karbon ekosistem pesisir dunia, menjadikan Indonesia sebagai salah satu pusat *blue carbon* global (Arifanti et al., 2024). Bahkan pada kondisi alami, stok karbon total mangrove Indonesia dapat mencapai 1.061 Mg C per hektare, jauh lebih tinggi dibandingkan lahan mangrove yang telah terdegradasi atau dialihfungsikan menjadi tambak (Murdiyarso et al., 2023).

Dari perspektif keamanan maritim, fungsi strategis mangrove dapat dilihat melalui beberapa dimensi. Pertama, mangrove memberikan perlindungan terhadap infrastruktur strategis pesisir seperti pangkalan angkatan laut, pelabuhan, pos pengawasan laut, dan kawasan logistik maritim dari ancaman abrasi maupun gelombang ekstrem. Kedua, keberadaan mangrove mampu mengurangi kerentanan garis pantai terhadap bencana alam, sehingga meningkatkan *coastal resilience*. Ketiga, secara geografis kawasan mangrove dapat berfungsi sebagai *buffer zone* alami yang membatasi akses masuk dari area pesisir yang rawan aktivitas ilegal seperti penyelundupan, infiltrasi, maupun pendaratan tidak sah. Keempat, mangrove berkontribusi terhadap stabilitas ekonomi masyarakat pesisir melalui sektor perikanan, ekowisata, dan jasa lingkungan, yang pada akhirnya memperkuat ketahanan sosial sebagai bagian dari pertahanan nasional (Spalding et al., 2014; Friess et al., 2019).

Secara ekologis, sekitar 80% spesies ikan komersial di kawasan tropis memiliki keterkaitan siklus hidup dengan ekosistem pesisir seperti mangrove, baik sebagai habitat pemijahan, *nursery ground*, maupun sumber pakan (Nagelkerken et al., 2008). Penurunan kualitas mangrove secara langsung berdampak pada produktivitas perikanan masyarakat pesisir, yang dalam jangka panjang dapat memicu kerentanan ekonomi dan instabilitas sosial di wilayah perbatasan maritim.

Berdasarkan kondisi lapangan di wilayah Indonesia, tekanan terhadap ekosistem mangrove masih cukup tinggi. Data global menunjukkan Asia Tenggara masih menjadi kawasan dengan tingkat kehilangan mangrove tertinggi di dunia, dan Indonesia tercatat mengalami laju kehilangan mangrove antara 0,26–0,66% per tahun akibat alih fungsi lahan, tambak, urbanisasi, dan pembangunan pesisir (Hamilton & Casey, 2016). Kondisi ini menunjukkan bahwa degradasi mangrove tidak hanya menjadi persoalan lingkungan, tetapi juga dapat berkembang menjadi kerentanan strategis terhadap keamanan maritim nasional.

Dengan kondisi tersebut, mangrove tidak dapat lagi dipandang semata sebagai ekosistem pesisir, melainkan sebagai bagian dari *ecological defense infrastructure* yang mendukung *maritime resilience* Indonesia. Integrasi konservasi mangrove ke dalam

strategi pertahanan maritim berbasis lingkungan menjadi langkah strategis untuk menghadapi ancaman multidimensional di ruang maritim abad ke-21.

Degradasi Mangrove dan Perubahan Tutup Lahan

Analisis spasial berbasis *Geographic Information Systems* menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan mangrove di Indonesia dalam dua dekade terakhir didominasi oleh aktivitas antropogenik, khususnya konversi kawasan mangrove menjadi tambak budidaya, ekspansi kawasan industri pesisir, pembangunan pelabuhan, reklamasi pantai, serta pertumbuhan kawasan permukiman pesisir. Perubahan tersebut menyebabkan fragmentasi habitat, penurunan biomassa, dan hilangnya fungsi ekologis yang sebelumnya berperan dalam menjaga stabilitas wilayah pesisir.

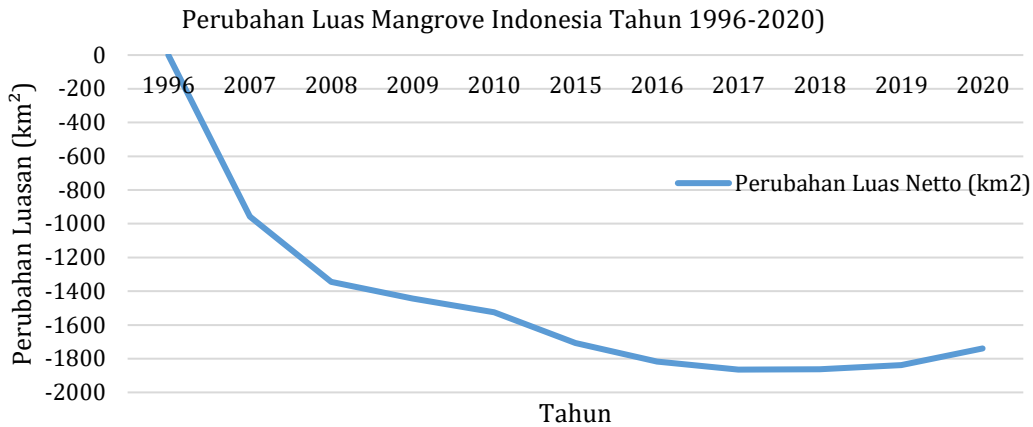


Gambar 1. Sebaran Ekosistem Mangrove Indonesia Berdasarkan Data Global Mangrove Watch Tahun 2020

(Sumber: *Global Mangrove Watch (2020)*, diolah penulis (2026))

Berdasarkan pemetaan Global Mangrove Watch, luas ekosistem mangrove Indonesia pada tahun 2020 mencapai 29.533,98 km² dan tersebar di sekitar 42,97% garis pantai yang tercakup dalam sistem pemetaan global (Global Mangrove Watch, 2020). Temuan ini menegaskan posisi Indonesia sebagai salah satu negara dengan ekosistem mangrove terbesar di dunia, sekaligus menunjukkan peran strategis mangrove dalam menjaga stabilitas ekologis kawasan pesisir dan mendukung ketahanan wilayah maritim.

Berdasarkan interpretasi spasial terhadap peta sebaran mangrove, konsentrasi ekosistem mangrove Indonesia masih dominan di kawasan pesisir Kalimantan, Papua, dan pesisir timur Sumatra yang didukung oleh kondisi perairan dangkal dan sedimentasi tinggi. Sebaliknya, wilayah pesisir Jawa menunjukkan pola distribusi yang lebih terfragmentasi akibat tingginya tekanan pembangunan, seperti urbanisasi, industrialisasi, reklamasi, dan konversi lahan. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketimpangan spasial dalam keberlanjutan ekosistem mangrove yang berpotensi memengaruhi ketahanan wilayah pesisir dan keamanan maritim nasional.



Gambar 2. Tren Perubahan Luas Mangrove Indonesia Periode 1996–2020
(Sumber: *Global Mangrove Watch (2020)*, diolah penulis (2026))

Kajian Center for International Forestry Research menunjukkan bahwa Indonesia telah kehilangan sekitar 40% ekosistem mangrovenya dalam kurun waktu tiga dekade terakhir, terutama akibat alih fungsi lahan untuk akuakultur dan pembangunan kawasan ekonomi pesisir (Murdiyarso et al., 2015). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa meskipun Indonesia masih memiliki mangrove terluas di dunia, tekanan pembangunan terhadap ekosistem pesisir tetap berada pada tingkat yang tinggi.

Data pemantauan global dari Global Mangrove Watch menunjukkan bahwa secara global terjadi kehilangan mangrove bersih sebesar 3,4% antara 1996–2020, dengan kawasan Asia Tenggara, terutama Indonesia menjadi salah satu hotspot perubahan terbesar. Dengan kondisi yang ada di Indonesia, kehilangan tersebut banyak dikaitkan dengan aktivitas budidaya tambak, pembangunan infrastruktur, dan ekspansi ruang urban di wilayah pesisir.

Secara nasional, penelitian Hamilton dan Casey (2016) menunjukkan bahwa Indonesia mengalami laju kehilangan mangrove sekitar 0,26–0,66% per tahun pada awal abad ke-21, menjadikannya salah satu negara dengan tingkat deforestasi mangrove tertinggi di kawasan tropis. Pada saat yang sama, Indonesia tetap menyimpan sekitar 26–29% total mangrove dunia, sehingga perubahan kecil sekalipun memiliki dampak signifikan terhadap keseimbangan ekologi global.

Hotspot Degradasi Mangrove Di Wilayah Pesisir Indonesia

Berdasarkan interpretasi spasial dan data penginderaan jauh, wilayah dengan tekanan tertinggi terhadap ekosistem mangrove di Indonesia terkonsentrasi pada:

Pesisir Utara Pulau Jawa

Wilayah pesisir utara Jawa merupakan salah satu kawasan dengan tingkat tekanan antropogenik tertinggi terhadap ekosistem mangrove di Indonesia. Tingginya laju urbanisasi, pertumbuhan kawasan industri, pembangunan pelabuhan, reklamasi pantai, serta ekspansi kawasan logistik maritim telah mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan secara signifikan di wilayah pesisir. Kawasan seperti Jakarta, Semarang, dan Surabaya menunjukkan penurunan tutupan vegetasi pesisir akibat konversi lahan menjadi kawasan permukiman, industri, tambak budidaya, maupun

infrastruktur ekonomi pesisir. Berdasarkan analisis penginderaan jauh, pola distribusi mangrove di pesisir utara Jawa cenderung lebih terfragmentasi dibandingkan wilayah lain di Indonesia, yang mengindikasikan tingginya tekanan pembangunan terhadap ekosistem pesisir (Hamilton & Casey, 2016; Friess et al., 2019).

Kondisi tersebut tidak hanya berdampak pada menurunnya kualitas ekologis kawasan pesisir, tetapi juga mengurangi kapasitas perlindungan alami terhadap abrasi, intrusi air laut, banjir rob, dan gelombang ekstrem. Di Semarang misalnya, kombinasi antara degradasi mangrove, abrasi pantai, dan fenomena land subsidence telah meningkatkan kerentanan wilayah pesisir secara signifikan. Dalam perspektif keamanan maritim, kondisi ini menjadi perhatian strategis karena pesisir utara Jawa merupakan salah satu koridor utama aktivitas ekonomi, distribusi logistik, dan mobilitas maritim nasional. Menurunnya fungsi mangrove di kawasan ini berpotensi melemahkan ketahanan wilayah pesisir sekaligus meningkatkan kerentanan terhadap ancaman lingkungan maupun ancaman keamanan non-tradisional (Horstman et al., 2014; Bueger, 2015).

Pesisir Timur Pulau Sumatra

Kawasan pesisir timur Sumatra merupakan salah satu wilayah dengan konsentrasi ekosistem mangrove yang cukup besar, terutama pada kawasan estuari, delta sungai, dan perairan yang berhadapan langsung dengan Strait of Malacca. Namun dalam beberapa dekade terakhir, kawasan ini mengalami tekanan pembangunan yang cukup intensif akibat konversi lahan menjadi tambak budidaya, perkebunan kelapa sawit, pembangunan infrastruktur energi, serta ekspansi kawasan industri pesisir. Wilayah seperti pesisir Riau, North Sumatra, dan sebagian Jambi menunjukkan perubahan tutupan lahan yang cukup signifikan, terutama pada area yang memiliki akses langsung terhadap jalur perdagangan dan distribusi logistik maritim. Aktivitas ekonomi yang berkembang pesat di kawasan ini telah mendorong terjadinya fragmentasi habitat mangrove dan perubahan struktur ekosistem pesisir secara bertahap (Hamilton & Casey, 2016; Friess et al., 2019).

Berdasarkan hasil analisis peta menunjukkan bahwa kawasan pesisir timur Sumatra memiliki karakteristik geomorfologi berupa perairan dangkal, sedimentasi tinggi, dan banyaknya aliran sungai besar, yang pada dasarnya sangat mendukung pertumbuhan mangrove. Namun kondisi tersebut juga menjadikan wilayah ini rentan terhadap eksploitasi ruang pesisir. Analisis berbasis penginderaan jauh menunjukkan bahwa sebagian kawasan mangrove di pesisir timur Sumatra mengalami penurunan kualitas vegetasi akibat tekanan pembangunan ekonomi dan ekstraksi sumber daya pesisir. Dalam perspektif keamanan maritim, degradasi mangrove di kawasan ini memiliki implikasi strategis karena wilayah tersebut merupakan bagian dari koridor maritim penting Indonesia yang terhubung dengan Selat Malaka, salah satu jalur pelayaran tersibuk di dunia. Menurunnya fungsi ekologis mangrove pada kawasan ini berpotensi meningkatkan kerentanan wilayah pesisir terhadap abrasi, intrusi air laut, serta berbagai ancaman keamanan non-tradisional seperti penyelundupan dan eksploitasi sumber daya secara ilegal (Bueger, 2015; Murdiyarso et al., 2015).

Kawasan Kalimantan

Di wilayah Timur Kalimantan dan Utara Kalimantan, tekanan terhadap ekosistem mangrove dalam beberapa tahun terakhir semakin meningkat seiring berkembangnya

kawasan industri berbasis maritim, pembangunan infrastruktur energi, serta ekspansi pelabuhan industri di wilayah pesisir. Kawasan seperti Balikpapan Bay, North Penajam Paser, dan wilayah pesisir Tarakan mengalami perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan akibat pembangunan kawasan ekonomi dan konektivitas logistik. Studi pemetaan berbasis citra Balikpapan Bay menunjukkan bahwa dalam periode 2020–2025, tutupan mangrove mengalami penurunan sekitar 21% atau sekitar 2.906 hektare, di mana sekitar 97% kehilangan tersebut terkonsentrasi di wilayah North Penajam Paser yang mengalami konversi lahan menjadi kawasan terbangun dan infrastruktur ekonomi pesisir (Al Hakim et al., 2025).

Selain tekanan dari pembangunan fisik, aktivitas konversi mangrove menjadi tambak dan penggunaan lahan lainnya juga masih ditemukan di kawasan pesisir Kalimantan Timur. Penelitian terbaru di kawasan mangrove East Kalimantan menunjukkan bahwa perubahan fungsi lahan dari mangrove alami ke penggunaan lain berkontribusi terhadap penurunan cadangan karbon dan perubahan kualitas ekosistem pesisir (Arifanti et al., 2024). Dalam perspektif keamanan maritim, kondisi ini memiliki implikasi strategis karena wilayah Kalimantan bagian timur dan utara berada pada jalur pelayaran strategis di kawasan Makassar Strait dan berbatasan langsung dengan wilayah perairan internasional. Menurunnya fungsi ekologis mangrove di kawasan tersebut berpotensi mengurangi kapasitas perlindungan alami pesisir, meningkatkan kerentanan terhadap abrasi dan intrusi air laut, serta melemahkan ketahanan wilayah pesisir yang menopang aktivitas ekonomi dan keamanan maritim nasional.

Degradasi mangrove tersebut tidak hanya menyebabkan hilangnya tutupan vegetasi, tetapi juga mengurangi kapasitas perlindungan alami kawasan pesisir. Penelitian Horstman et al. (2014) menunjukkan bahwa hilangnya sabuk mangrove dapat meningkatkan paparan garis pantai terhadap energi gelombang hingga lebih dari dua kali lipat. Kondisi ini berdampak langsung terhadap meningkatnya abrasi, intrusi air laut, banjir rob, dan kerentanan terhadap *storm surge*. Dalam perspektif keamanan maritim, degradasi ini juga menciptakan kerentanan strategis. Kawasan pesisir yang kehilangan vegetasi alami menjadi lebih terbuka terhadap aktivitas ilegal seperti penyelundupan, pendaratan tidak sah, maupun eksploitasi sumber daya tanpa pengawasan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan mangrove tidak dapat dipandang semata sebagai isu lingkungan, tetapi juga sebagai indikator melemahnya *ecological defense infrastructure* yang mendukung ketahanan maritim nasional.

Implikasi Terhadap Keamanan Maritim

Dari perspektif keamanan maritim, degradasi ekosistem mangrove tidak hanya berdampak pada aspek lingkungan, tetapi juga menciptakan kerentanan strategis yang dapat memengaruhi ketahanan wilayah pesisir dan stabilitas keamanan nasional. Sebagai *natural defense infrastructure*, mangrove memiliki fungsi protektif terhadap ancaman fisik, sosial-ekonomi, maupun ancaman keamanan non-tradisional. Ketika tutupan mangrove mengalami penurunan, maka kapasitas perlindungan alami kawasan pesisir ikut melemah.

Menurunnya Ketahanan Fisik Wilayah

Berkurangnya tutupan mangrove secara langsung meningkatkan kerentanan wilayah pesisir terhadap abrasi, banjir rob, intrusi air laut, dan kenaikan muka laut. Penelitian Daniel M. Alongi menunjukkan bahwa vegetasi mangrove mampu mereduksi energi gelombang hingga 50–66% dalam jarak 100 meter vegetasi, sehingga berperan penting dalam melindungi garis pantai dari erosi dan gelombang ekstrem (Alongi, 2008). Studi lain oleh Erik M. Horstman menunjukkan bahwa hilangnya sabuk mangrove dapat meningkatkan paparan energi gelombang pantai lebih dari dua kali lipat, terutama pada wilayah pesisir terbuka (Horstman et al., 2014). Kondisi ini menjadi sangat strategis karena banyak infrastruktur vital seperti pelabuhan, pangkalan logistik maritim, kawasan industri pesisir, serta pos pengawasan laut berada di zona pesisir yang rentan terhadap gangguan lingkungan.

Meningkatnya Kerentanan Keamanan Non-Tradisional

Degradasi mangrove juga dapat memperbesar kerentanan terhadap ancaman keamanan non-tradisional. Kawasan pesisir yang kehilangan vegetasi alami cenderung menjadi lebih terbuka secara geografis dan memiliki tingkat pengawasan alami yang lebih rendah, sehingga berpotensi dimanfaatkan untuk aktivitas ilegal seperti penyelundupan, pendaratan tidak sah, perdagangan manusia, maupun *illegal, unreported, and unregulated fishing* (IUU Fishing). Menurut Christian Bueger, keamanan maritim modern tidak hanya berkaitan dengan pertahanan militer, tetapi juga mencakup keamanan lingkungan, keamanan ekonomi, dan tata kelola ruang maritim (Bueger, 2015). Dengan kondisi geografis Indonesia, kerentanan ini menjadi semakin relevan mengingat banyak kawasan mangrove berada di dekat jalur pelayaran strategis seperti Selat Malaka, Selat Makassar, perairan perbatasan utara Kalimantan.

Menurunnya Ketahanan Sosial-Ekonomi Masyarakat Pesisir

Mangrove juga memiliki nilai ekonomi strategis bagi masyarakat pesisir melalui jasa ekosistem, perlindungan perikanan, penyimpanan karbon, dan ekowisata. Kajian World Bank menunjukkan bahwa nilai ekonomi ekosistem mangrove dapat mencapai US\$15.000–51.000 per hektare per tahun, tergantung fungsi ekosistem dan lokasi pengelolaan (World Bank, 2022). Selain itu, penelitian *Food and Agriculture Organization* menunjukkan bahwa lebih dari 775 juta masyarakat pesisir di dunia bergantung pada ekosistem pesisir, termasuk mangrove, untuk mendukung mata pencaharian dan ketahanan pangan. Hilangnya mangrove di Indonesia berpotensi meningkatkan tekanan ekonomi masyarakat pesisir, menurunkan produktivitas perikanan, dan memperbesar risiko konflik sosial akibat kompetisi sumber daya. Dalam perspektif ilmu pertahanan, kondisi tersebut dapat berkembang menjadi *security vulnerability* yang pada jangka panjang memengaruhi stabilitas maritim dan ketahanan nasional.

Peran GIS dalam Mendukung Strategi Pertahanan Maritim

Pemanfaatan *Geographic Information Systems* dalam *monitoring* ekosistem mangrove memberikan nilai strategis yang tidak hanya terbatas pada aspek konservasi lingkungan, tetapi juga mendukung pembangunan sistem keamanan maritim modern. Melalui integrasi data citra satelit, penginderaan jauh, dan analisis spasial multitemporal, GIS mampu mengidentifikasi perubahan tutupan lahan, memetakan tingkat degradasi, serta

mendukung pengambilan keputusan berbasis wilayah secara lebih akurat. Menurut Michael F. Goodchild, GIS berperan sebagai *spatial decision support system* yang memungkinkan integrasi data geografis dengan analisis risiko dan perencanaan strategis (Goodchild, 2007). Pada ekosistem mangrove, teknologi ini memungkinkan pemantauan perubahan habitat secara periodik, identifikasi kawasan rentan, serta penentuan prioritas rehabilitasi berdasarkan kondisi ekologis dan kepentingan strategis wilayah pesisir.

Pemanfaatan GIS dalam monitoring mangrove dan relevansinya terhadap keamanan maritim dapat diidentifikasi melalui beberapa fungsi utama sebagaimana ditunjukkan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Pemanfaatan GIS dalam Monitoring Mangrove dan Keamanan Maritim

| Fungsi GIS | Implementasi dalam Ekosistem Mangrove | Implikasi Keamanan Maritim |
|----------------------------------|---|--|
| Pemetaan Tutupan Lahan | Mengidentifikasi distribusi dan luas mangrove melalui citra satelit multitemporal | Menentukan kawasan pesisir yang berfungsi sebagai <i>natural defense</i> |
| Deteksi Perubahan Lahan | Menganalisis perubahan tutupan mangrove akibat konversi lahan dan abrasi | Mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kerentanan pesisir yang tinggi |
| Analisis Risiko Spasial | Memetakan area rawan degradasi berdasarkan kondisi lingkungan dan aktivitas manusia | Mendukung mitigasi risiko terhadap infrastruktur strategis pesisir |
| Penentuan Prioritas Rehabilitasi | Menentukan lokasi restorasi berdasarkan tingkat kerusakan dan nilai ekologis | Mendukung perlindungan kawasan strategis maritim |
| Integrasi Pengawasan Maritim | Menggabungkan data ekologis dengan sistem pengawasan wilayah laut | Memperkuat <i>Maritime Domain Awareness</i> dan deteksi dini ancaman |

Berdasarkan Tabel 1, pemanfaatan GIS menunjukkan bahwa data ekologis dapat diintegrasikan secara langsung ke dalam sistem keamanan maritim, khususnya dalam mendukung *Maritime Domain Awareness*. Konsep ini menekankan pentingnya pemahaman menyeluruh terhadap segala aktivitas dan kondisi yang terjadi di domain maritim guna mendukung pengambilan keputusan strategis (Bueger, 2015). Bagi Indonesia sebagai negara kepulauan dengan garis pantai yang luas dan wilayah pesisir yang kompleks, integrasi GIS dengan sistem pengawasan maritim dapat meningkatkan kemampuan prediktif dalam mendeteksi degradasi lingkungan, kerentanan kawasan strategis, serta potensi ancaman non-tradisional. Oleh sebab itu, GIS tidak hanya berfungsi sebagai instrumen monitoring lingkungan, tetapi juga menjadi bagian dari pembangunan pertahanan maritim berbasis teknologi, ekologi, dan ketahanan wilayah.

KESIMPULAN, REKOMENDASI DAN KETERBATASAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove memiliki peran strategis sebagai *natural defense* dalam mendukung keamanan maritim nasional. Selain berfungsi menjaga stabilitas ekologis pesisir, mangrove juga berkontribusi terhadap perlindungan wilayah pantai, pengurangan risiko bencana, dan penguatan ketahanan masyarakat pesisir. Hasil analisis berbasis Geographic Information Systems menunjukkan bahwa degradasi mangrove di Indonesia masih didominasi oleh konversi lahan, urbanisasi, dan pembangunan kawasan pesisir, dengan tekanan terbesar terjadi di pesisir utara Jawa, timur Sumatra, dan sebagian Kalimantan. Kondisi ini berdampak pada menurunnya perlindungan alami kawasan pesisir dan meningkatnya kerentanan keamanan non-tradisional. Oleh karena itu, konservasi mangrove dan pemanfaatan GIS perlu diintegrasikan ke dalam strategi pertahanan maritim Indonesia.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis mengenai perubahan tutupan mangrove, kondisi ekologis wilayah pesisir, serta implikasinya terhadap keamanan maritim nasional, penelitian ini menghasilkan sejumlah rekomendasi strategis yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perumusan kebijakan, pengelolaan wilayah pesisir, dan penguatan sistem pertahanan maritim berbasis lingkungan.

1. Pemerintah perlu mengintegrasikan konservasi dan rehabilitasi mangrove ke dalam kebijakan pertahanan maritim nasional, khususnya pada kawasan pesisir yang memiliki nilai strategis tinggi.
2. Pemanfaatan geographic information systems perlu diperkuat melalui integrasi dengan sistem pengawasan maritim nasional guna mendukung deteksi dini terhadap kerentanan ekologis maupun ancaman keamanan non-tradisional.
3. Diperlukan sinergi antar lembaga seperti kementerian kelautan dan perikanan, kementerian lingkungan hidup dan kehutanan, badan informasi geospasial, bakamla, dan tentara nasional indonesia angkatan laut dalam pembangunan sistem pengawasan pesisir berbasis data spasial.
4. Penelitian lanjutan perlu mengembangkan model kuantitatif berbasis citra satelit resolusi tinggi untuk mengukur hubungan antara degradasi mangrove dan tingkat kerentanan keamanan maritim secara lebih spesifik.

Keterbatasan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif berbasis studi literatur, analisis kebijakan, dan interpretasi data spasial sekunder, sehingga belum melibatkan pengukuran lapangan (*ground verification*) maupun analisis kuantitatif terhadap perubahan tutupan lahan secara detail. Selain itu, data spasial yang digunakan masih bersifat makro pada skala nasional, sehingga belum menggambarkan dinamika perubahan mangrove pada tingkat lokal secara lebih spesifik. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan integrasi data primer, citra resolusi tinggi, dan validasi lapangan diperlukan untuk meningkatkan akurasi analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1–13.
- Arifanti, V. B., et al. (2024). Blue carbon dynamics and mangrove ecosystem resilience in Indonesia. *Forest Ecology and Management*.
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R. M., et al. (2022). The Global Mangrove Watch—A new 2020 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, 14(15), 3657.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Friess, D. A., et al. (2019). The state of the world's mangrove forests. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 89–115.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221.
- Hamilton, S. E., & Casey, D. (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover. *Global Ecology and Biogeography*, 25(6), 729–738.
- Horstman, E. M., et al. (2014). Wave attenuation in mangroves. *Coastal Engineering*, 94, 47–62.
- Horstman, E. M., Dohmen-Janssen, C. M., Narra, P. M. F., van den Berg, N. J. F., Siemerink, M., & Hulscher, S. J. M. H. (2014). Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations. *Coastal Engineering*, 94, 47–62. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.08.005>
- Jensen, J. R. (2015). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (4th ed.). Pearson.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., et al. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, 1089–1092.
- Murdiyarso, D., et al. (2023). Carbon stock dynamics of Indonesian mangrove ecosystems. *Environmental Research Letters*.
- Nagelkerken, I., et al. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna. *Aquatic Botany*, 89(2), 155–185.
- Spalding, M., McIvor, A., Beck, M. W., et al. (2014). Coastal ecosystems: A critical element of risk reduction. *Conservation Letters*, 7(3), 293–301.
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Coastal ecosystem and livelihood report*.
- Global Mangrove Watch. (2020). *Global mangrove distribution dataset*.
- World Bank. (2022). *The global value of mangrove ecosystem services*.