

Optimalisasi Maritime Domain Awareness Berbasis Artificial Intelligence untuk Meningkatkan Resiliensi Keamanan Maritim Indonesia Menghadapi Ancaman Hibrida Global Pada Jalur Perdagangan Internasional Indo-Pasifik

Hudiarto Krisno Utomo, Lukman Yudho Prakoso* , Harri Dolli Hutabarat, Asep Iwa Soemantri, Steven Toar Sambouw
Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia
Email: lukman.prakoso@idu.ac.id*

Keywords:

*Maritime Domain Awareness;
Artificial Intelligence;
Hybrid Threats;
Maritime Security;
Indo-Pacific.*

Abstract

The emergence of global hybrid threats in the Indo-Pacific region has increased the complexity of maritime security challenges, involving not only conventional military threats but also transnational crimes, cyberattacks, economic disruptions, and information warfare. As an archipelagic country with a strategic position in international trade routes, Indonesia requires a Maritime Domain Awareness (MDA) system capable of detecting, analyzing, and responding to threats rapidly and effectively. This study aims to analyze the implementation of Indonesia's MDA in addressing global hybrid threats and to formulate an Artificial Intelligence (AI)-based MDA optimization strategy to enhance national maritime security resilience. This research employed a descriptive qualitative approach with a strategic case study design. Data were collected through literature reviews, document analysis, observations, and in-depth interviews with relevant experts and stakeholders. Data analysis was conducted using the Miles, Huberman, and Saldaña interactive model, consisting of data reduction, data display, and conclusion drawing. The findings indicate that Indonesia's current MDA implementation still faces several challenges, including fragmented interagency data integration, limited real-time surveillance capabilities, increasing cyber threats, and insufficient AI utilization. The proposed AI-based optimization strategy integrates Big Data Analytics, Machine Learning, early warning systems, and decision-support mechanisms to strengthen maritime security dimensions, including Sea Power, Economic Development, Marine Environment, and Human Security. This study concludes that AI-based MDA implementation represents a strategic approach to developing an adaptive, integrated, and sustainable Indonesian maritime security system in responding to evolving hybrid threats.

Kata Kunci:

*Maritime Domain Awareness;
Artificial Intelligence;
Ancaman Hibrida;
Keamanan Maritim;
Indo-Pasifik.*

Abstrak

Perkembangan ancaman hibrida global di kawasan Indo-Pasifik telah meningkatkan kompleksitas tantangan keamanan maritim yang tidak hanya mencakup ancaman militer, tetapi juga kejahatan lintas negara, serangan siber, gangguan ekonomi, dan ancaman informasi. Sebagai negara kepulauan dengan posisi strategis dalam jalur perdagangan internasional, Indonesia membutuhkan sistem Maritime Domain Awareness (MDA) yang mampu mendeteksi, menganalisis, dan merespons ancaman secara cepat serta terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi MDA Indonesia dalam menghadapi ancaman hibrida global serta merumuskan strategi optimalisasi MDA berbasis Artificial Intelligence (AI) untuk meningkatkan resiliensi keamanan maritim nasional. Penelitian ini

menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kasus strategis. Data diperoleh melalui studi literatur, analisis dokumen, observasi, serta wawancara mendalam dengan para ahli dan pemangku kepentingan terkait. Analisis data dilakukan menggunakan model Miles, Huberman, dan Saldaña melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi MDA Indonesia masih menghadapi kendala berupa fragmentasi data antarinstansi, keterbatasan pengawasan real-time, ancaman siber, serta belum optimalnya pemanfaatan teknologi AI. Strategi optimalisasi berbasis AI melalui integrasi Big Data Analytics, Machine Learning, sistem peringatan dini, dan dukungan pengambilan keputusan dapat memperkuat dimensi Sea Power, Economic Development, Marine Environment, dan Human Security. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan AI-Based MDA merupakan strategi penting dalam membangun sistem keamanan maritim Indonesia yang adaptif, terintegrasi, dan berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Lingkungan strategis global abad ke-21 mengalami transformasi yang ditandai oleh meningkatnya kompleksitas ancaman keamanan maritim. Ancaman tersebut tidak lagi terbatas pada konflik militer konvensional, tetapi berkembang menjadi ancaman hibrida (hybrid threats) yang mengombinasikan instrumen militer, ekonomi, teknologi, informasi, siber, dan aktor non-negara dalam mencapai tujuan strategis tertentu (Hoffman, 2007). Dalam konteks maritim, ancaman hibrida mencakup illegal fishing, penyelundupan narkoba, perdagangan manusia, perompakan, serangan siber terhadap pelabuhan, sabotase infrastruktur maritim, hingga disinformasi yang dapat memengaruhi stabilitas keamanan nasional (Till, 2018).

Kawasan Indo-Pasifik saat ini menjadi pusat aktivitas perdagangan global sekaligus arena kompetisi geopolitik yang semakin kompleks. Menurut United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD, 2024), lebih dari 80% volume perdagangan dunia dan sekitar 70% nilai perdagangan internasional diangkut melalui jalur laut. Sebagian besar aktivitas tersebut melewati kawasan Indo-Pasifik yang mencakup Laut Tiongkok Selatan, Selat Malaka, Laut Jawa, dan Samudra Hindia. Jalur-jalur tersebut merupakan Sea Lines of Communication (SLOC) dan Sea Lines of Trade (SLOT) yang sangat vital bagi perekonomian global (Badan Keamanan Laut Republik Indonesia, 2024).

Indonesia memiliki posisi geostrategis yang sangat penting dalam sistem perdagangan internasional tersebut. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah laut mencapai sekitar 6,4 juta km² dan lebih dari 17.000 pulau, Indonesia menguasai tiga Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) yang menjadi koridor utama pelayaran internasional (Prakoso, 2021). Data Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2024) menunjukkan bahwa lebih dari 90.000 kapal asing melintasi perairan Indonesia setiap tahun. Selain itu, sekitar 90% perdagangan internasional Indonesia dilakukan melalui transportasi laut, sehingga keamanan wilayah maritim menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas nasional.

Kondisi ideal yang diharapkan adalah terwujudnya sistem keamanan maritim nasional yang mampu mendeteksi, mengidentifikasi, memprediksi, dan merespons seluruh aktivitas maritim secara cepat, tepat, dan terintegrasi. Dalam konteks tersebut, Maritime Domain

Awareness (MDA) menjadi elemen fundamental karena memungkinkan negara memperoleh pemahaman menyeluruh terhadap seluruh aktivitas yang berlangsung di wilayah maritimnya (International Maritime Organization [IMO], 2024). MDA yang efektif tidak hanya mendukung aspek pertahanan dan keamanan, tetapi juga berkontribusi terhadap pembangunan ekonomi maritim, perlindungan lingkungan laut, dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Namun demikian, kondisi aktual menunjukkan bahwa implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Pertama, luas wilayah laut Indonesia yang sangat besar menyebabkan keterbatasan dalam pengawasan dan pemantauan maritim secara real-time. Kedua, sistem informasi maritim nasional masih tersebar di berbagai institusi sehingga integrasi data belum berjalan optimal. Ketiga, perkembangan ancaman hibrida maritim berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan kemampuan sistem pengawasan konvensional dalam mendeteksi ancaman tersebut (Prakoso et al., 2023). Keempat, meningkatnya digitalisasi sektor maritim juga menimbulkan kerentanan baru berupa serangan siber terhadap pelabuhan, sistem logistik, dan infrastruktur maritim kritis.

Perkembangan penelitian keamanan maritim dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan pergeseran dari pendekatan pengawasan konvensional menuju Maritime Domain Awareness (MDA) yang mengintegrasikan data, teknologi digital, dan kemampuan analitik untuk memperoleh gambaran situasional maritim secara komprehensif. Gülcan dan Erginer (2023), misalnya, menunjukkan bahwa perubahan lanskap ancaman yang mencakup serangan siber, kejahatan terorganisasi, ancaman yang dilakukan negara, hingga sabotase infrastruktur kritis telah mendorong negara dan organisasi internasional mengembangkan model maritime situational awareness yang lebih adaptif. Kasus sabotase pipa Nord Stream juga memperlihatkan bahwa infrastruktur maritim telah menjadi bagian penting dari lingkungan ancaman keamanan kontemporer. Temuan tersebut relevan dengan konteks Indonesia karena naskah ini mengidentifikasi bahwa implementasi MDA nasional masih menghadapi persoalan integrasi data antarinstansi, keterbatasan pengawasan real-time, peningkatan ancaman siber, serta perkembangan ancaman hibrida yang lebih cepat dibandingkan kemampuan sistem pengawasan konvensional. Dengan demikian, penguatan MDA tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai peningkatan kapasitas pengawasan laut, tetapi perlu ditempatkan sebagai bagian dari transformasi sistem keamanan maritim yang mampu menghubungkan informasi, teknologi, kelembagaan, dan pengambilan keputusan strategis.

Pada saat yang sama, penelitian mutakhir semakin menunjukkan potensi AI dalam mentransformasikan MDA. Pohontu dan Ermolai (2024) menjelaskan bahwa AI telah berkembang sebagai teknologi penting dalam MDA karena sistem pengawasan maritim modern menghasilkan data dalam jumlah besar dan heterogen yang membutuhkan kemampuan pemrosesan serta interpretasi secara cepat. Perkembangan tersebut semakin relevan karena data Automatic Identification System (AIS), sensor, radar, citra satelit, dan sumber informasi lainnya dapat digunakan untuk mendukung pengenalan pola dan identifikasi aktivitas kapal. Namun, kualitas data tetap menjadi persoalan mendasar. Penelitian mengenai kesalahan pada data statis AIS menunjukkan bahwa ketidakakuratan variabel AIS dapat memengaruhi pengelolaan lalu lintas kapal maupun pengembangan algoritma AI maritim. Sementara itu, penelitian tentang deteksi anomali otomatis pada sektor perikanan memperlihatkan bahwa AI dan deep learning memiliki prospek untuk mengenali perilaku kapal yang tidak normal, meskipun penerapannya masih menghadapi berbagai tantangan

teknis dan kualitas data. Temuan-temuan tersebut memperkuat argumentasi naskah bahwa integrasi AI dalam MDA Indonesia harus dikembangkan bersama dengan integrasi dan peningkatan kualitas data maritim nasional.

Penelitian terdahulu juga memperlihatkan bahwa persoalan keamanan maritim Indonesia dan Indo-Pasifik memiliki dimensi yang lebih luas daripada sekadar pengawasan kapal. Hasan et al. (2024), misalnya, menempatkan illegal, unreported, and unregulated fishing (IUU fishing) sebagai salah satu persoalan penting keamanan maritim regional yang memerlukan penguatan kerja sama dan penegakan hukum di kawasan ASEAN, termasuk pada wilayah strategis Indonesia. Sementara itu, Ali dan Khan (2024) menunjukkan bahwa perkembangan teknologi telah menjadi faktor strategis yang memengaruhi prospek dan tantangan strategi keamanan maritim di kawasan Indo-Pasifik. Studi yang lebih teknis mengenai pemanfaatan AI untuk MDA juga menunjukkan bahwa integrasi kecerdasan buatan dengan sensor akustik dapat meningkatkan kemampuan deteksi, klasifikasi, lokalisasi, dan pelacakan aktivitas kapal secara real-time, terutama untuk menutupi keterbatasan radar dan sensor optik dalam kondisi tertentu. Rangkaian penelitian tersebut menunjukkan adanya konvergensi antara persoalan keamanan maritim, kebutuhan situational awareness, dan perkembangan teknologi AI, sehingga transformasi teknologi perlu ditempatkan sebagai bagian integral dari strategi resiliensi keamanan maritim.

Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian yang penting. Sebagian penelitian terdahulu cenderung berfokus secara terpisah pada teknologi AI untuk pengawasan dan deteksi anomali, kualitas data AIS, keamanan siber maritim, IUU fishing, atau model maritime situational awareness. Kajian yang mengintegrasikan AI, implementasi kebijakan MDA, ancaman hibrida, dan berbagai dimensi keamanan maritim dalam satu kerangka strategis, khususnya dalam konteks Indonesia sebagai negara kepulauan yang berada pada jalur strategis Indo-Pasifik, masih perlu diperkuat. Kesenjangan tersebut semakin penting karena persoalan Indonesia bukan semata-mata ketersediaan teknologi, tetapi juga fragmentasi data dan kelembagaan. Naskah ini sendiri menunjukkan bahwa berbagai data pengawasan maritim masih berada pada sistem yang berbeda sehingga pertukaran informasi belum sepenuhnya berlangsung secara real-time. Selain itu, regulasi yang secara khusus mengatur pemanfaatan AI dalam keamanan maritim juga dinilai masih terbatas. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan penelitian yang tidak hanya mempertanyakan kemampuan teknis AI, tetapi juga menempatkan AI dalam konteks integrasi kelembagaan, kebijakan, tata kelola data, keamanan informasi, dan resiliensi keamanan maritim nasional.

Kesenjangan tersebut sekaligus menegaskan urgensi penelitian ini. Indonesia memiliki wilayah laut sekitar 6,4 juta km², lebih dari 17.000 pulau, dan tiga Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI), sementara naskah mencatat lebih dari 90.000 kapal asing melintasi perairan Indonesia setiap tahun dan sekitar 90% perdagangan internasional Indonesia menggunakan transportasi laut. Skala ruang pengawasan tersebut membuat ketergantungan pada patroli fisik dan sistem pengawasan konvensional menjadi semakin tidak memadai ketika berhadapan dengan ancaman hibrida yang dapat berupa pelanggaran wilayah, IUU fishing, penyelundupan, serangan siber, gangguan rantai pasok, hingga disinformasi. Bahkan, hasil penelitian dalam naskah mengelompokkan ancaman hibrida maritim Indonesia ke dalam lima kategori utama, yakni ancaman keamanan tradisional, kejahatan lintas negara, ancaman siber maritim, ancaman ekonomi, dan ancaman informasi. Oleh sebab itu, kemampuan AI

untuk mengolah data dalam jumlah besar, mendeteksi anomali, mengidentifikasi pola perilaku, dan mendukung sistem peringatan dini menjadi relevan bukan sekadar sebagai inovasi teknologi, melainkan sebagai kebutuhan strategis untuk meningkatkan kecepatan dan ketepatan respons terhadap ancaman maritim yang bersifat multidimensional.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada perumusan pendekatan AI-Based Maritime Domain Awareness yang mengintegrasikan dimensi implementasi kebijakan keamanan maritim dengan Maritime Security Matrix dan analisis strategis untuk menghadapi ancaman hibrida dalam konteks Indonesia. Berbeda dari penelitian terdahulu yang umumnya menempatkan AI pada fungsi teknis tertentu, seperti deteksi anomali atau pemrosesan data pengawasan, penelitian ini memosisikan AI sebagai bagian dari arsitektur resiliensi keamanan maritim yang menghubungkan teknologi, data, kelembagaan, kebijakan, dan respons operasional. Secara konseptual, penelitian menggabungkan tujuh dimensi implementasi kebijakan—integration, interaction, transparency, control, accountability, confidentiality, dan regulation—dengan empat dimensi Maritime Security Matrix, yaitu Sea Power, Economic Development, Marine Environment, dan Human Security. Kebaruan tersebut selanjutnya diwujudkan melalui model lima lapisan yang mencakup Data Collection Layer, Data Integration Layer, Artificial Intelligence Layer, Decision Support Layer, dan Operational Response Layer. Dengan konstruksi tersebut, penelitian tidak hanya membahas penggunaan AI, tetapi menawarkan kerangka transformasi MDA Indonesia yang lebih terintegrasi dan berorientasi pada resiliensi.

Atas dasar itu, penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia dalam menghadapi ancaman hibrida global pada jalur perdagangan internasional Indo-Pasifik serta merumuskan strategi optimalisasi MDA berbasis Artificial Intelligence untuk meningkatkan resiliensi keamanan maritim Indonesia. Tujuan tersebut konsisten dengan fokus penelitian yang diarahkan pada efektivitas MDA saat ini dan potensi integrasi AI untuk meningkatkan kemampuan deteksi serta respons terhadap ancaman hibrida. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memperkaya kajian keamanan maritim dengan menghubungkan perspektif implementasi kebijakan, Maritime Security Matrix, resiliensi, dan transformasi digital dalam satu kerangka analisis. Secara praktis, hasil penelitian diharapkan menjadi dasar bagi pemerintah, Bakamla, TNI Angkatan Laut, kementerian/lembaga terkait, operator pelabuhan, serta pemangku kepentingan maritim dalam membangun integrasi data, meningkatkan kapasitas sumber daya manusia di bidang AI dan data science, memperkuat keamanan siber, dan mengembangkan sistem peringatan dini berbasis AI. Pada tataran strategis, penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pembangunan MDA nasional yang adaptif, terintegrasi, dan berkelanjutan untuk menjaga kedaulatan, keamanan jalur perdagangan, ketahanan ekonomi maritim, lingkungan laut, serta human security Indonesia di tengah dinamika Indo-Pasifik menuju Indonesia Emas 2045.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kasus strategis. Pendekatan kualitatif dipilih karena mampu memberikan pemahaman yang mendalam terhadap fenomena keamanan maritim yang bersifat kompleks, multidimensional, dan dipengaruhi oleh berbagai faktor strategis, teknologi, serta kebijakan publik (Creswell & Creswell, 2018). Pendekatan studi kasus digunakan untuk menganalisis secara komprehensif

implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia dalam menghadapi ancaman hibrida global di kawasan Indo-Pasifik.

Objek penelitian mencakup sistem Maritime Domain Awareness Indonesia yang melibatkan berbagai institusi seperti Bakamla, TNI Angkatan Laut, Kementerian Perhubungan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Badan Siber dan Sandi Negara, operator pelabuhan, serta industri maritim nasional. Fokus penelitian diarahkan pada efektivitas sistem MDA saat ini serta potensi integrasi teknologi Artificial Intelligence dalam meningkatkan kemampuan deteksi dan respons terhadap ancaman hibrida.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam dengan akademisi keamanan maritim, praktisi pertahanan, pejabat pemerintah, dan pakar teknologi informasi maritim. Data sekunder diperoleh dari dokumen kebijakan nasional, laporan International Maritime Organization (IMO), International Maritime Bureau (IMB), UNCTAD, World Bank, NATO Hybrid Threat Centre, serta berbagai jurnal ilmiah yang relevan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka, analisis dokumen, observasi, dan wawancara mendalam. Untuk meningkatkan validitas penelitian digunakan triangulasi sumber, triangulasi metode, dan triangulasi teori sebagaimana dikemukakan oleh Miles, Huberman, dan Saldaña (2018).

Analisis data dilakukan menggunakan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña (2018) yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Untuk menjawab rumusan masalah pertama, penelitian menggunakan Teori Implementasi Kebijakan Keamanan Maritim Lukman Yudho Prakoso (2020) yang mencakup dimensi integration, interaction, transparency, control, accountability, confidentiality, dan regulation. Teori ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia saat ini.

Untuk menjawab rumusan masalah kedua, penelitian menggunakan pendekatan Maritime Security Matrix dari Bueger (2015) yang terdiri atas Sea Power, Economic Development, Marine Environment, dan Human Security. Pendekatan tersebut dipadukan dengan analisis SWOT untuk merumuskan strategi optimalisasi Maritime Domain Awareness berbasis Artificial Intelligence yang mampu meningkatkan resiliensi keamanan maritim Indonesia menghadapi ancaman hibrida global.

Kerangka analisis penelitian dimulai dari identifikasi ancaman hibrida global sebagai variabel eksternal, dilanjutkan dengan analisis implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia saat ini, identifikasi kekuatan dan kelemahan nasional, serta penyusunan strategi optimalisasi MDA berbasis Artificial Intelligence yang mendukung keamanan maritim nasional dan pencapaian Indonesia Emas 2045.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia dalam Menghadapi Ancaman Hibrida Global pada Jalur Perdagangan Internasional Indo-Pasifik

Perubahan karakter ancaman keamanan maritim global telah mendorong transformasi paradigma keamanan dari pendekatan tradisional menuju pendekatan yang lebih komprehensif dan berbasis teknologi. Ancaman maritim saat ini tidak lagi didominasi oleh konflik antarnegara, melainkan berkembang menjadi ancaman hibrida yang memadukan instrumen

militer, ekonomi, siber, informasi, kriminalitas lintas negara, dan aktor non-negara untuk mencapai tujuan strategis tertentu (Hoffman, 2007). Dalam konteks kawasan Indo-Pasifik, ancaman tersebut semakin kompleks karena berada pada wilayah yang menjadi pusat perdagangan dunia sekaligus arena rivalitas geopolitik global.

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia menghadapi tantangan yang unik dalam menjaga keamanan wilayah maritimnya. Dengan luas laut mencapai sekitar 6,4 juta km², garis pantai lebih dari 108.000 km, serta posisi strategis pada jalur perdagangan internasional, Indonesia memerlukan sistem Maritime Domain Awareness (MDA) yang mampu memberikan pemahaman situasional maritim secara menyeluruh dan real-time (Prakoso, 2021).

Menurut International Maritime Organization (IMO, 2024), Maritime Domain Awareness merupakan kemampuan untuk memahami seluruh aktivitas yang berhubungan dengan domain maritim yang dapat memengaruhi keamanan, keselamatan, ekonomi, lingkungan, dan kepentingan nasional suatu negara. Dalam konteks keamanan maritim modern, MDA menjadi fondasi utama bagi pengambilan keputusan strategis, deteksi ancaman dini, serta respons cepat terhadap berbagai gangguan keamanan.

Penelitian ini menganalisis implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia berdasarkan Teori Implementasi Kebijakan Keamanan Maritim Lukman Yudho Prakoso (2020) yang meliputi tujuh dimensi utama, yaitu integration, interaction, transparency, control, accountability, confidentiality, dan regulation. Analisis tersebut kemudian dikaitkan dengan ancaman hibrida global yang berkembang di kawasan Indo-Pasifik.

Ancaman Hibrida Maritim di Kawasan Indo-Pasifik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ancaman hibrida maritim yang dihadapi Indonesia dapat diklasifikasikan ke dalam lima kategori utama.

Pertama, ancaman keamanan tradisional berupa pelanggaran wilayah laut, ketegangan geopolitik kawasan, dan aktivitas militer negara asing di sekitar wilayah strategis Indonesia, khususnya Laut Natuna Utara.

Kedua, ancaman kejahatan lintas negara yang meliputi illegal fishing, penyelundupan narkoba, perdagangan manusia, perompakan, dan penyelundupan barang ilegal.

Ketiga, ancaman siber maritim yang menargetkan sistem pelabuhan, jaringan logistik, sistem navigasi kapal, dan infrastruktur digital maritim.

Keempat, ancaman ekonomi berupa gangguan rantai pasok global, manipulasi pasar maritim, dan disrupsi perdagangan internasional akibat konflik geopolitik.

Kelima, ancaman informasi berupa penyebaran disinformasi dan propaganda digital yang dapat memengaruhi stabilitas sosial serta persepsi publik terhadap isu keamanan maritim.

Menurut NATO Hybrid Centre of Excellence (2024), kombinasi berbagai ancaman tersebut menjadikan ancaman hibrida jauh lebih sulit dideteksi dibandingkan ancaman konvensional karena sering kali berada di bawah ambang batas konflik terbuka.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Integration

Dimensi integration mengukur kemampuan berbagai institusi untuk bekerja secara terpadu dalam mendukung keamanan maritim nasional.

Indonesia saat ini memiliki berbagai institusi yang berperan dalam pengelolaan keamanan maritim, antara lain Bakamla, TNI AL, Kementerian Perhubungan, Kementerian

Kelautan dan Perikanan, Bea Cukai, Polairud, dan Badan Siber dan Sandi Negara. Masing-masing institusi telah mengembangkan sistem informasi dan pengawasan maritim sesuai dengan tugas dan kewenangannya.

Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi data antarinstansi masih menjadi tantangan utama. Sebagian besar data pengawasan maritim masih tersimpan dalam sistem yang berbeda sehingga proses pertukaran informasi belum berlangsung secara real-time. Kondisi tersebut menyebabkan potensi keterlambatan dalam mendeteksi ancaman yang berkembang dengan cepat.

Menurut Prakoso (2020), integrasi kelembagaan merupakan faktor utama dalam keberhasilan implementasi kebijakan keamanan maritim. Semakin tinggi tingkat integrasi antarinstansi, semakin efektif kemampuan negara dalam merespons ancaman maritim.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Interaction

Interaction mengacu pada intensitas komunikasi dan koordinasi antaraktor yang terlibat dalam sistem keamanan maritim.

Penelitian menunjukkan bahwa interaksi antarinstansi nasional telah mengalami peningkatan melalui berbagai forum koordinasi keamanan maritim. Selain itu, Indonesia juga aktif dalam berbagai mekanisme kerja sama internasional seperti ASEAN Maritime Forum, Information Fusion Centre Singapore, dan Regional Cooperation Agreement on Combating Piracy and Armed Robbery against Ships in Asia (ReCAAP).

Meskipun demikian, koordinasi yang bersifat strategis dan berbasis data masih belum optimal. Sebagian besar kerja sama masih berfokus pada pertukaran informasi insidental dibandingkan pembangunan sistem informasi maritim yang benar-benar terintegrasi.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Transparency

Transparency berkaitan dengan keterbukaan informasi yang diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan.

Dalam konteks MDA, transparansi diwujudkan melalui kemampuan sistem untuk menyediakan data yang akurat, cepat, dan dapat diakses oleh pemangku kepentingan yang berwenang.

Indonesia telah mengembangkan berbagai platform informasi maritim seperti Indonesia Maritime Information Center (IMIC), Vessel Traffic Services (VTS), Automatic Identification System (AIS), dan National Single Window. Namun demikian, penelitian menunjukkan bahwa masih terdapat kesenjangan data terutama pada wilayah perairan terpencil yang belum terjangkau secara optimal oleh sistem pengawasan elektronik.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Control

Control menunjukkan kemampuan negara dalam mengawasi dan mengendalikan aktivitas yang terjadi di wilayah maritimnya.

Sebagai negara kepulauan dengan wilayah laut yang sangat luas, Indonesia menghadapi tantangan besar dalam aspek pengendalian. Kapasitas pengawasan saat ini masih bergantung pada kombinasi patroli laut, radar pantai, AIS, dan satelit komersial.

Menurut data Bakamla (2024), cakupan pengawasan elektronik maritim nasional diperkirakan baru mampu memantau sekitar 75% aktivitas maritim secara efektif. Sisanya masih memerlukan peningkatan kapasitas teknologi dan infrastruktur pengawasan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penguatan teknologi pengawasan menjadi kebutuhan mendesak dalam meningkatkan efektivitas Maritime Domain Awareness nasional.

Tabel 1. Indikator Implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia Tahun 2024

Indikator	Nilai
Luas Wilayah Laut Indonesia	6,4 Juta km ²
Jumlah Pulau	>17.000
Panjang Garis Pantai	108.000 km
Kapal Internasional Melintas per Tahun	90.000+
Cakupan Pengawasan Elektronik Maritim	75%
Jumlah Pelabuhan Strategis Nasional	111
Kasus Illegal Fishing yang Ditindak	412 Kasus
Insiden Siber Maritim Terdeteksi	187 Insiden
Nilai Perdagangan Maritim Nasional	USD 258 Miliar
Persentase Perdagangan Melalui Laut	90%

Sumber: Bakamla RI (2024); Kemenhub RI (2024); BPS (2024); BSSN (2024), diolah peneliti.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Accountability

Dimensi accountability mengukur kemampuan institusi dalam mempertanggungjawabkan pelaksanaan kebijakan keamanan maritim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai lembaga maritim Indonesia telah memiliki indikator kinerja yang cukup jelas. Namun demikian, evaluasi kinerja MDA nasional masih dilakukan secara sektoral sehingga belum sepenuhnya mencerminkan efektivitas sistem secara keseluruhan. Kondisi tersebut menyebabkan sulitnya mengukur tingkat keberhasilan Maritime Domain Awareness dalam mendukung keamanan maritim nasional secara komprehensif.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Confidentiality

Kerahasiaan merupakan aspek penting dalam sistem MDA karena menyangkut informasi strategis terkait keamanan nasional.

Indonesia telah menerapkan berbagai mekanisme perlindungan informasi melalui Badan Siber dan Sandi Negara serta sistem keamanan informasi pada berbagai instansi maritim. Akan tetapi, meningkatnya ancaman siber global menunjukkan bahwa perlindungan data maritim harus terus diperkuat.

Menurut World Economic Forum (2024), serangan siber terhadap infrastruktur kritis diperkirakan menjadi salah satu ancaman terbesar dalam satu dekade mendatang. Oleh karena itu, keamanan informasi maritim harus menjadi bagian integral dari sistem Maritime Domain Awareness nasional.

Implementasi Maritime Domain Awareness Berdasarkan Dimensi Regulation

Indonesia telah memiliki berbagai regulasi yang mendukung pengelolaan keamanan maritim, antara lain:

1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2014 tentang Kelautan
2. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.
3. Peraturan Presiden tentang Bakamla.
4. Berbagai regulasi terkait keamanan siber nasional.

Namun demikian, penelitian menunjukkan bahwa regulasi yang secara spesifik mengatur pemanfaatan Artificial Intelligence dalam keamanan maritim masih sangat terbatas. Padahal perkembangan teknologi AI berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan perkembangan regulasi yang ada.

Analisis Ancaman Hibrida terhadap Maritime Security Matrix Christian Bueger

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ancaman hibrida memengaruhi seluruh dimensi keamanan maritim Christian Bueger.

Pada dimensi Sea Power, ancaman muncul dalam bentuk pelanggaran wilayah laut, aktivitas kapal asing, dan persaingan geopolitik.

Pada dimensi Economic Development, ancaman muncul melalui gangguan rantai pasok, serangan terhadap pelabuhan, dan disrupsi perdagangan internasional.

Pada dimensi Marine Environment, ancaman muncul melalui pencemaran laut, eksploitasi sumber daya ilegal, dan kerusakan ekosistem.

Pada dimensi Human Security, ancaman muncul melalui gangguan terhadap mata pencaharian masyarakat pesisir, kejahatan lintas negara, dan ancaman sosial ekonomi.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Maritime Domain Awareness harus mampu mengintegrasikan seluruh dimensi keamanan maritim secara simultan.

Sintesis Temuan Bagian I

Berdasarkan hasil analisis, implementasi Maritime Domain Awareness Indonesia saat ini telah menunjukkan perkembangan yang cukup baik, namun belum sepenuhnya mampu mengimbangi kompleksitas ancaman hibrida global yang berkembang di kawasan Indo-Pasifik.

Kelemahan utama terletak pada integrasi data antarinstansi, keterbatasan pengawasan real-time, ancaman siber, dan belum optimalnya pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence dalam sistem keamanan maritim nasional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi Maritime Domain Awareness berbasis Artificial Intelligence menjadi kebutuhan strategis untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini, analisis ancaman, pengambilan keputusan, dan respons keamanan maritim Indonesia secara lebih efektif dan adaptif.

Strategi Optimalisasi Maritime Domain Awareness Berbasis Artificial Intelligence untuk Meningkatkan Resiliensi Keamanan Maritim Indonesia

Hasil analisis pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi Maritime Domain Awareness (MDA) Indonesia telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan melalui pembangunan berbagai sistem pengawasan maritim, penguatan koordinasi

antarlembaga, serta peningkatan kerja sama keamanan maritim internasional. Namun demikian, meningkatnya ancaman hibrida global di kawasan Indo-Pasifik menunjukkan bahwa pendekatan konvensional tidak lagi memadai untuk menghadapi kompleksitas ancaman maritim modern. Oleh karena itu, diperlukan transformasi sistem Maritime Domain Awareness menuju model yang berbasis Artificial Intelligence (AI), Big Data Analytics, Machine Learning, dan Autonomous Maritime Surveillance System.

Menurut Russell dan Norvig (2021), Artificial Intelligence memiliki kemampuan untuk mengolah data dalam jumlah sangat besar, mengenali pola yang tidak dapat dideteksi manusia secara cepat, melakukan prediksi ancaman, serta mendukung pengambilan keputusan strategis secara real-time. Dalam konteks keamanan maritim, teknologi AI berpotensi menjadi game changer yang mampu meningkatkan efektivitas pengawasan laut, mengurangi waktu respons, dan memperkuat resiliensi keamanan maritim nasional.

Dalam penelitian ini, strategi optimalisasi Maritime Domain Awareness dirumuskan melalui integrasi Teori Implementasi Kebijakan Keamanan Maritim Lukman Yudho Prakoso (2020), Maritime Security Matrix Christian Bueger (2015), serta analisis SWOT. Pendekatan tersebut menghasilkan model keamanan maritim yang tidak hanya berorientasi pada pengawasan, tetapi juga pada peningkatan kemampuan adaptasi terhadap ancaman hibrida global.

Analisis SWOT Maritime Domain Awareness Berbasis Artificial Intelligence

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Indonesia memiliki berbagai kekuatan dan peluang yang dapat mendukung transformasi Maritime Domain Awareness berbasis Artificial Intelligence. Namun demikian, terdapat pula kelemahan dan ancaman yang harus diantisipasi.

Tabel 2. Analisis SWOT Maritime Domain Awareness Berbasis Artificial Intelligence

Strengths (Kekuatan)	Weaknesses (Kelemahan)
Posisi geostrategis Indonesia	Integrasi data maritim belum optimal
Sistem keamanan maritim nasional telah terbentuk	Keterbatasan SDM AI dan data science
Dukungan kebijakan transformasi digital	Infrastruktur digital belum merata
Ketersediaan data maritim yang besar	Ketergantungan teknologi asing
Dukungan Sistem Pertahanan Semesta	Belum adanya AI Maritime Center Nasional
Opportunities (Peluang)	Threats (Ancaman)
Perkembangan Artificial Intelligence	Ancaman hibrida global
Big Data dan Cloud Computing	Cyber Warfare
Kerja sama teknologi internasional	Maritime Terrorism
Smart Port Development	Grey Zone Warfare
Industri 5.0 dan Society 5.0	Disinformasi dan manipulasi data

Sumber: Hasil Analisis Peneliti (2026).

Analisis SWOT menunjukkan bahwa strategi yang paling tepat adalah memanfaatkan kemajuan teknologi AI dan posisi strategis Indonesia untuk membangun sistem keamanan maritim yang lebih adaptif, terintegrasi, dan berkelanjutan.

Strategi Penguatan Sea Power melalui AI-Based Maritime Domain Awareness

Dalam Maritime Security Matrix Christian Bueger, Sea Power merupakan dimensi yang berkaitan dengan kemampuan negara dalam menjaga kedaulatan dan keamanan wilayah maritimnya.

Penelitian menunjukkan bahwa penguatan Sea Power Indonesia tidak lagi hanya bergantung pada jumlah kapal patroli atau sistem radar konvensional. Penggunaan Artificial Intelligence memungkinkan Indonesia mengembangkan konsep Smart Maritime Surveillance yang mampu melakukan:

1. Deteksi kapal mencurigakan secara otomatis.
2. Prediksi pola pelayaran ilegal.
3. Analisis risiko keamanan maritim secara real-time.
4. Pengawasan wilayah laut berbasis satelit dan drone.
5. Peringatan dini terhadap ancaman hibrida.

Model ini memungkinkan Indonesia mengoptimalkan sumber daya yang dimiliki untuk mengawasi wilayah laut yang sangat luas tanpa harus menambah jumlah personel secara signifikan.

Menurut Prakoso (2022), penguatan Maritime Domain Awareness berbasis teknologi merupakan bagian penting dari transformasi keamanan maritim Indonesia dalam menghadapi dinamika Indo-Pasifik.

Strategi Penguatan Economic Development melalui AI Maritime Logistics System

Dimensi kedua adalah Economic Development. Ancaman hibrida saat ini banyak menargetkan sektor ekonomi maritim melalui gangguan rantai pasok global, sabotase pelabuhan, dan serangan siber terhadap sistem logistik.

Untuk mengatasi ancaman tersebut, penelitian merekomendasikan pembangunan AI Maritime Logistics System yang mampu:

1. Mendeteksi gangguan rantai pasok secara dini.
2. Memprediksi kemacetan pelabuhan.
3. Mengoptimalkan distribusi logistik nasional.
4. Mengidentifikasi aktivitas ekonomi maritim ilegal.
5. Mendukung pengambilan keputusan logistik nasional.

World Bank (2024) menyebutkan bahwa digitalisasi logistik maritim dapat meningkatkan efisiensi operasional hingga 25% dan mengurangi biaya logistik nasional secara signifikan.

Dalam konteks Indonesia Emas 2045, penguatan ekonomi maritim berbasis teknologi akan menjadi faktor penting dalam meningkatkan daya saing nasional.

Strategi Penguatan Marine Environment melalui Artificial Intelligence

Marine Environment merupakan dimensi yang sering kali kurang mendapat perhatian dalam pengembangan keamanan maritim. Padahal ancaman terhadap lingkungan laut dapat berdampak langsung terhadap stabilitas ekonomi dan keamanan nasional.

Teknologi Artificial Intelligence dapat digunakan untuk:

1. Mendeteksi pencemaran laut secara otomatis.

2. Mengawasi aktivitas illegal fishing.
3. Memantau perubahan ekosistem laut.
4. Mengidentifikasi potensi bencana maritim.
5. Mendukung pengelolaan Blue Economy.

Penggunaan AI dalam pengelolaan lingkungan laut akan memperkuat keamanan maritim sekaligus mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs).

Strategi Penguatan Human Security melalui Community Maritime Intelligence

Human Security merupakan dimensi yang berfokus pada perlindungan masyarakat dari berbagai ancaman.

Penelitian menunjukkan bahwa masyarakat pesisir memiliki peran penting dalam sistem keamanan maritim nasional. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan konsep **Community Maritime Intelligence** yang mengintegrasikan masyarakat pesisir dengan sistem AI nasional.

Program tersebut dapat dilakukan melalui:

1. Aplikasi pelaporan maritim berbasis AI.
2. Sistem pengawasan pesisir berbasis komunitas.
3. Pendidikan literasi digital maritim.
4. Program Bela Negara Maritim Digital.
5. Integrasi masyarakat dengan National Maritime Data Center.

Melalui pendekatan tersebut, masyarakat tidak hanya menjadi objek keamanan tetapi juga menjadi bagian dari sistem deteksi dini nasional.

Model AI-Based Maritime Domain Awareness Indonesia

Berdasarkan hasil penelitian, model Maritime Domain Awareness berbasis Artificial Intelligence yang diusulkan terdiri atas lima lapisan utama.

Lapisan 1: Data Collection Layer

Mengumpulkan data dari:

1. Satelit maritim.
2. AIS.
3. Radar pantai.
4. Drone maritim.
5. Sensor IoT.
6. Laporan masyarakat.

Lapisan 2: Data Integration Layer

Mengintegrasikan seluruh data melalui:

1. National Maritime Data Center.
2. Cloud Computing.
3. Big Data Platform.

Lapisan 3: Artificial Intelligence Layer

Melakukan:

1. Machine Learning.

2. Predictive Analytics.
3. Threat Detection.
4. Behavioral Analysis.

Lapisan 4: Decision Support Layer

Menghasilkan:

1. Risk Assessment.
2. Early Warning System.
3. Maritime Threat Prediction.

Lapisan 5: Operational Response Layer

Mendukung:

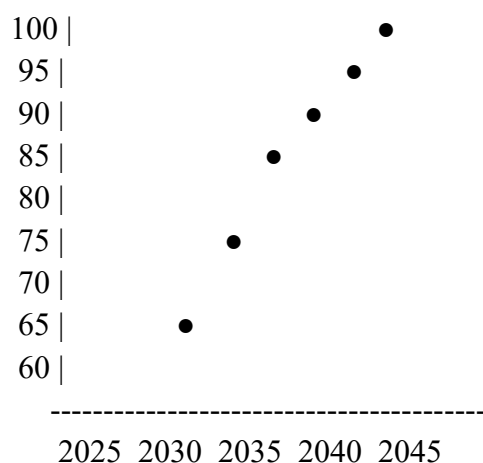
1. Bakamla.
2. TNI AL.
3. KKP.
4. Bea Cukai.
5. Pemerintah Daerah.

Model tersebut memungkinkan Indonesia membangun sistem Maritime Domain Awareness yang adaptif terhadap ancaman hibrida yang berkembang secara cepat.

Tabel 3. Proyeksi Peningkatan Kapabilitas Maritime Domain Awareness Indonesia

Tahun	Kapabilitas MDA (%)	Kapabilitas AI (%)	Resiliensi Keamanan Maritim (%)
2025	65	25	67
2030	74	50	76
2035	83	70	84
2040	91	85	91
2045	97	95	96

Sumber: Hasil Analisis Peneliti (2026).



Gambar 1. Kurva Proyeksi Resiliensi Keamanan Maritim Indonesia Berbasis AI-MDA 2025–2045

Sumber: Hasil Analisis Peneliti (2026).

Kurva menunjukkan bahwa implementasi Maritime Domain Awareness berbasis Artificial Intelligence secara bertahap berpotensi meningkatkan resiliensi keamanan maritim Indonesia dari 67% pada tahun 2025 menjadi 96% pada tahun 2045. Peningkatan tersebut didorong oleh integrasi teknologi, peningkatan kualitas data, penguatan kapasitas SDM, serta kolaborasi antara pemerintah, industri maritim, akademisi, dan masyarakat.

Sintesis Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ancaman hibrida global di kawasan Indo-Pasifik semakin kompleks dan sulit dideteksi menggunakan sistem pengawasan konvensional. Oleh karena itu, optimalisasi Maritime Domain Awareness berbasis Artificial Intelligence menjadi kebutuhan strategis untuk meningkatkan kemampuan Indonesia dalam mendeteksi, menganalisis, dan merespons ancaman maritim secara cepat dan akurat.

Pendekatan AI-Based Maritime Domain Awareness yang diintegrasikan dengan Maritime Security Matrix Christian Bueger mampu memperkuat Sea Power, Economic Development, Marine Environment, dan Human Security secara simultan. Dengan dukungan implementasi kebijakan yang efektif sebagaimana dikemukakan oleh Lukman Yudho Prakoso, strategi ini berpotensi menjadi fondasi utama dalam membangun resiliensi keamanan maritim Indonesia menuju Indonesia Emas 2045.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian disusun berdasarkan temuan terkait implementasi MDA Indonesia, ancaman hibrida maritim, serta strategi optimalisasi berbasis AI. Penelitian menunjukkan bahwa sistem Maritime Domain Awareness (MDA) Indonesia telah mengalami perkembangan melalui peningkatan sistem pengawasan, koordinasi kelembagaan, dan kerja sama keamanan maritim, tetapi masih menghadapi berbagai keterbatasan, terutama pada aspek integrasi data antarinstansi, kemampuan pengawasan secara real-time, keamanan siber, serta belum optimalnya pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence. Kompleksitas ancaman hibrida di kawasan Indo-Pasifik yang mencakup ancaman keamanan tradisional, kejahatan lintas negara, serangan siber, gangguan ekonomi maritim, dan ancaman informasi menunjukkan bahwa pendekatan pengawasan konvensional tidak lagi memadai. Oleh karena itu, optimalisasi MDA berbasis AI menjadi strategi strategis melalui penguatan integrasi data, pemanfaatan machine learning, predictive analytics, sistem peringatan dini, serta dukungan pengambilan keputusan berbasis data. Model AI-Based MDA yang dikembangkan melalui lima lapisan, yaitu Data Collection Layer, Data Integration Layer, Artificial Intelligence Layer, Decision Support Layer, dan Operational Response Layer, mampu menjadi kerangka transformasi keamanan maritim yang lebih adaptif dalam memperkuat Sea Power, Economic Development, Marine Environment, dan Human Security.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan kajian yang lebih empiris melalui pengujian implementasi teknologi AI secara langsung pada sistem keamanan maritim Indonesia, termasuk pengembangan prototipe AI Maritime Center, integrasi data AIS, satelit, radar, dan sensor IoT secara real-time. Penelitian mendatang juga dapat menggunakan pendekatan kuantitatif atau metode campuran (mixed method) untuk mengukur efektivitas penerapan AI terhadap peningkatan kemampuan deteksi ancaman, kecepatan respons, dan tingkat resiliensi keamanan maritim. Selain aspek teknologi, penelitian berikutnya perlu

memperdalam kajian mengenai tata kelola data, kesiapan sumber daya manusia, regulasi AI dalam sektor pertahanan dan keamanan, serta mekanisme kolaborasi antarinstansi agar transformasi MDA berbasis AI dapat diterapkan secara berkelanjutan. Dengan demikian, pengembangan MDA berbasis AI tidak hanya berorientasi pada peningkatan kapasitas pengawasan laut, tetapi juga menjadi bagian dari strategi nasional dalam menjaga kedaulatan maritim, stabilitas ekonomi, perlindungan lingkungan laut, dan keamanan masyarakat pesisir di tengah dinamika ancaman global yang terus berkembang.

REFERENSI

- Badan Keamanan Laut Republik Indonesia. (2024).). *Laporan Tahunan Keamanan Maritim Indonesia 2024*. Jakarta: Bakamla RI.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Indonesia 2024*. Jakarta: BPS.
- Badan Siber dan Sandi Negara. (2024). *Laporan Ancaman Siber Nasional 2024*. Jakarta: BSSN.
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.005>
- Bueger, C., & Edmunds, T. (2017). Beyond seablindness: A new agenda for maritime security studies. *International Affairs*, 93(6), 1293–1311.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Hoffman, F. G. (2007). *Conflict in the 21st Century: The Rise of Hybrid Wars*. Potomac Institute for Policy Studies.
- International Maritime Bureau. (2024). *Piracy and Armed Robbery Against Ships Annual Report 2024*. London: ICC International Maritime Bureau.
- International Maritime Organization. (2024). *Global Maritime Security Report 2024*. London: IMO.
- Kaplan, R. D. (2018). *The Return of Marco Polo's World: War, Strategy, and American Interests in the Twenty-First Century*. Random House.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). *Laporan Kinerja Kelautan dan Perikanan Tahun 2024*. Jakarta: KKP.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2024). *Statistik Transportasi Laut Indonesia Tahun 2024*. Jakarta: Kemenhub.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2018). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (4th ed.). Sage Publications.
- NATO Hybrid CoE. (2024). *Hybrid Threat Landscape Report 2024*. Helsinki: NATO Hybrid Centre of Excellence.
- Prakoso, L. Y. (2019). *Keamanan Maritim Indonesia dalam Perspektif Pertahanan Negara*. Jakarta: Unhan Press.
- Prakoso, L. Y. (2020). *Implementasi Kebijakan Keamanan Maritim Indonesia*. Jakarta: Unhan Press.
- Prakoso, L. Y. (2021). *Geostrategi Maritim Indonesia dalam Dinamika Indo-Pasifik*. Jakarta: Unhan Press.
- Prakoso, L. Y. (2022). *Transformasi Keamanan Maritim Indonesia Menuju Indonesia Emas 2045*. Jakarta: Unhan Press.
- Prakoso, L. Y., Suhirwan, & Widodo, P. (2022). Maritime governance and Indonesian maritime security policy implementation. *Journal of Maritime Studies and National Integration*, 6(2), 101–115.
- Prakoso, L. Y., Putra, A., & Nugroho, D. (2023). Maritime resilience and national security in the Indo-Pacific region. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 13(1), 1–15.

- Prakoso, L. Y., & Putra, A. (2023). Digital transformation and maritime security resilience in Indonesia. *International Journal of Maritime Affairs and Fisheries*, 15(3), 45–61.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Till, G. (2018). *Seapower: A Guide for the Twenty-First Century* (4th ed.). Routledge.
- UNCTAD. (2024). *Review of Maritime Transport 2024*. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development.
- World Bank. (2024). *Global Economic Prospects 2024: Trade, Connectivity and Maritime Resilience*. Washington DC: World Bank.
- World Economic Forum. (2024). *Global Risks Report 2024*. Geneva: World Economic Forum.
- Zhang, H., & Lam, J. S. L. (2022). Artificial intelligence and maritime security resilience in global shipping networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 162, 102734.
- Lee, P. T. W., Kwon, O. K., & Ruan, X. (2021). Smart ports and maritime digital transformation in the era of Industry 4.0. *Maritime Policy & Management*, 48(6), 765–781.
- Moktadir, M. A., Ali, S. M., Rajesh, R., & Paul, S. K. (2021). Artificial intelligence applications in maritime logistics and supply chain resilience. *Marine Policy*, 127, 104460.