

Development of an Unmanned Surface Vehicle (USV) Threat Detection and Prevention System in Indonesian Maritime Areas Using AI and Sensor Fusion Technology

Asep Iwa Soemantri¹, Lukman Yudho Prakoso^{2*}, Muhamad Risahdi³

Universitas Pertahanan RI

*Corresponding Author: Lukman Yudho Prakoso lukman.prakoso@idu.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords: Artificial, Intelligence, Maritime, Threat, Detection

Received : 06 July 2025

Revised : 27 July 2025

Accepted: 29 August 2025

©2025 Soemantri, Prakoso, Risahdi: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

This research discusses the development of a detection and prevention system for Unmanned Surface Vehicle (USV) threats in Indonesian maritime territory by utilizing Artificial Intelligence (AI) and sensor fusion technology. The background of this research is driven by the increasing maritime security threats that are asymmetric and difficult to detect conventionally. The research method used is descriptive qualitative, analyzing the implementation of policies and strategies across maritime entities. The results show that the integration of AI and sensor fusion can improve detection accuracy, accelerate responses, and strengthen coordination between institutions such as the Indonesian Navy, Bakamla, Satpolairud, and Customs. This system is expected to be part of the national maritime security strategy to address USV threats effectively and sustainably.

Pengembangan Sistem Deteksi dan Pencegahan Ancaman Kapal Tanpa Awak (Unmanned Surface Vehicle/Usv) di Wilayah Maritim Indonesia Menggunakan Teknologi AI dan Sensor Fusi

Asep Iwa Soemantri¹, Lukman Yudho Prakoso^{2*}, Muhamad Risahdi³
Universitas Pertahanan RI

*Corresponding Author: Lukman Yudho Prakoso lukman.prakoso@idu.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Artificial, Intelligence, Maritim, Ancaman, Diteksi

Received : 06 Juli 2025

Revised : 27 Juli 2025

Accepted: 29 Agustus 2025

©2025 Soemantri, Prakoso, Risahdi: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengembangan sistem deteksi dan pencegahan ancaman Unmanned Surface Vehicle (USV) di wilayah maritim Indonesia dengan memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan sensor fusion. Latar belakang penelitian ini didorong oleh meningkatnya ancaman keamanan laut yang bersifat asimetris dan sulit dideteksi secara konvensional. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif, menganalisis implementasi kebijakan dan strategi lintas entitas maritim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI dan sensor fusion mampu meningkatkan akurasi deteksi, mempercepat respons, serta memperkuat koordinasi antar lembaga seperti TNI AL, Bakamla, Satpolairud, dan Bea Cukai. Sistem ini diharapkan menjadi bagian dari strategi keamanan maritim nasional untuk menanggulangi ancaman USV secara efektif dan berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Keamanan maritim menjadi salah satu isu strategis yang semakin mendapatkan perhatian global seiring dengan meningkatnya kompleksitas ancaman di laut, termasuk ancaman yang muncul dari kemajuan teknologi militer dan sipil. Salah satu perkembangan signifikan adalah hadirnya kapal tanpa awak atau Unmanned Surface Vehicle (USV) yang berpotensi dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, mulai dari operasi penyelamatan, penelitian, hingga penyelundupan dan serangan asimetris. Tren global menunjukkan bahwa teknologi USV berkembang pesat di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Tiongkok, dan Rusia, di mana platform ini digunakan untuk patroli, pengintaian, dan bahkan operasi ofensif jarak jauh (Baker & Smith, 2023). Perkembangan ini menghadirkan peluang sekaligus ancaman, khususnya bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang memiliki wilayah maritim luas dan garis pantai terpanjang kedua di dunia.

Dalam konteks lingkungan strategis global, kemajuan teknologi sensor, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), dan sensor fusion membuat deteksi objek di laut semakin presisi. Namun, teknologi yang sama juga dimanfaatkan oleh aktor non-negara, kelompok kriminal terorganisir, maupun pihak yang memiliki niat merugikan stabilitas kawasan. Laporan International Maritime Bureau (IMB, 2022) menunjukkan bahwa kejahatan maritim seperti perompakan, penyelundupan narkoba, dan pelanggaran zona ekonomi eksklusif (ZEE) masih menjadi masalah serius di Asia Tenggara, termasuk Indonesia.

Secara regional, Asia Tenggara merupakan salah satu jalur pelayaran tersibuk di dunia, khususnya melalui Selat Malaka, Selat Sunda, dan Laut Natuna Utara. Potensi ancaman USV di kawasan ini semakin besar mengingat jalur-jalur tersebut padat oleh lalu lintas kapal niaga, kapal tanker, dan kapal militer. Kejadian seperti penemuan USV militer asing di perairan Natuna pada Desember 2020 (CNN Indonesia, 2020) menjadi sinyal bahwa ancaman ini bukan lagi prediksi, melainkan kenyataan. Kejadian tersebut memperlihatkan adanya kegiatan pengumpulan data intelijen maritim oleh pihak asing yang dilakukan tanpa izin, melanggar kedaulatan dan integritas wilayah laut Indonesia.

Di tingkat nasional, Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mengamankan wilayah laut seluas 6,4 juta km² dengan infrastruktur pengawasan yang masih terbatas. Sistem radar pantai, patroli kapal, dan pemantauan udara yang dimiliki belum sepenuhnya terintegrasi, sementara teknologi deteksi USV masih sangat minim. Padahal, karakteristik USV yang berukuran kecil, rendah profil radar, dan mampu beroperasi dalam mode otonom membuatnya sulit dideteksi menggunakan sistem konvensional (Yuwono et al., 2022). Tantangan ini diperparah dengan kondisi keamanan maritim yang, menurut banyak pengamat, “tidak sedang baik-baik saja”.

Data dari United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC, 2021) menunjukkan bahwa jalur laut Indonesia masih sering dimanfaatkan untuk penyelundupan narkoba dalam jumlah besar. Selain itu, kasus illegal fishing oleh kapal asing di Laut Natuna Utara dan Arafura masih sering terjadi, bahkan melibatkan kapal yang dimodifikasi untuk mengelabui deteksi. Di sisi lain,

konflik geopolitik seperti sengketa Laut Cina Selatan meningkatkan risiko penggunaan teknologi USV oleh negara maupun aktor non-negara untuk melakukan pengintaian, sabotase infrastruktur bawah laut, atau serangan terhadap aset vital maritim.

Dalam kerangka teori Keamanan Maritim Christian Bueger (2015), keamanan maritim dapat dianalisis melalui matriks yang mencakup empat dimensi: maritime safety, marine environment protection, blue economy, dan maritime security governance. Ancaman USV dapat dikategorikan dalam dimensi maritime security karena berpotensi mengganggu stabilitas dan menimbulkan ancaman fisik, namun juga dapat berdampak pada dimensi blue economy apabila serangan mengganggu jalur perdagangan dan sumber daya laut. Matriks ini membantu menjelaskan bahwa isu USV bukan hanya masalah militer, tetapi juga masalah multidimensi yang berkaitan erat dengan keamanan nasional, ekonomi, dan lingkungan.

Kondisi yang diharapkan adalah terciptanya sistem deteksi dan pencegahan ancaman USV yang terintegrasi, memanfaatkan teknologi AI untuk klasifikasi ancaman secara cepat, serta sensor fusion untuk menggabungkan data dari radar, sonar, AIS, dan penginderaan optik. Dengan sistem yang mampu memberikan peringatan dini dan respons cepat, keamanan maritim Indonesia dapat dilaksanakan secara optimal. Sistem ini juga diharapkan dapat menjadi bagian dari Maritime Domain Awareness (MDA) nasional, mendukung sinergi antara TNI AL, Bakamla, KKP, Bea Cukai, dan Polairud.

Maksud dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem berbasis AI dan sensor fusion yang dapat secara efektif mendeteksi dan mencegah ancaman USV di wilayah maritim Indonesia. Sistem ini akan dirancang untuk bekerja dalam berbagai kondisi laut, baik siang maupun malam, serta terhubung dengan jaringan komando dan kendali nasional untuk memungkinkan respons yang cepat dan tepat sasaran. Tujuan penelitian ini adalah memberikan kontribusi nyata terhadap penguatan resiliensi keamanan maritim Indonesia, menutup celah yang ada dalam sistem pengawasan saat ini, dan memastikan bahwa ancaman USV dapat diantisipasi sebelum menimbulkan kerugian strategis.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai pengembangan sistem deteksi dan pencegahan ancaman Unmanned Surface Vehicle (USV) di wilayah maritim Indonesia dengan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan sensor fusion memerlukan landasan teoritis yang memadai untuk menganalisis kondisi eksisting dan merumuskan strategi implementasi. Untuk menganalisis kondisi saat ini, penelitian ini menggunakan teori Implementasi Kebijakan Publik yang dikembangkan oleh Lukman Yudho Prakoso, yang menekankan lima faktor kunci yaitu integrasi, interaktif, transparansi, kontrol, dan akuntabilitas (Prakoso, 2018). Teori ini relevan untuk mengevaluasi sejauh mana kebijakan keamanan maritim terkait deteksi USV sudah diintegrasikan lintas lembaga, bersifat interaktif dalam koordinasi, transparan dalam alur informasi, memiliki mekanisme kontrol yang efektif, dan akuntabel dalam pelaporan maupun pertanggungjawaban.

Sementara itu, untuk merumuskan strategi penguatan keamanan maritim melalui teknologi AI dan sensor fusion, penelitian ini menggunakan teori strategi militer Clouzewitch yang memandang strategi sebagai hubungan antara ends (tujuan yang ingin dicapai), ways (cara atau metode yang digunakan), dan means (sumber daya yang dimanfaatkan) (Clausewitz, 1984). Teori ini membantu memastikan bahwa pengembangan sistem deteksi dan pencegahan USV tidak hanya canggih secara teknologi, tetapi juga selaras dengan tujuan nasional, feasible secara operasional, dan didukung oleh sumber daya yang memadai.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam studi berjudul Pengembangan Sistem Deteksi dan Pencegahan Ancaman Kapal Tanpa Awak (Unmanned Surface Vehicle/USV) di Wilayah Maritim Indonesia Menggunakan Teknologi AI dan Sensor Fusi adalah metode deskriptif kualitatif sebagaimana dijelaskan oleh Creswell (2014). Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan secara mendalam fenomena yang diteliti, yaitu kondisi keamanan maritim terkait ancaman USV, serta peluang penerapan teknologi AI dan sensor fusion dalam sistem deteksi dan pencegahan.

Metode deskriptif kualitatif memungkinkan peneliti mengumpulkan data melalui wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan maritim, observasi lapangan di wilayah strategis, serta studi dokumentasi dari laporan keamanan laut, regulasi, dan perkembangan teknologi pertahanan. Data dianalisis dengan teknik tematik untuk mengidentifikasi pola, hubungan, dan faktor-faktor kunci yang mempengaruhi efektivitas kebijakan dan implementasi teknologi.

Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman kontekstual yang kaya terhadap permasalahan, mengintegrasikan perspektif multi-aktor, dan memfasilitasi penggalan informasi yang tidak dapat diukur hanya dengan data kuantitatif. Dengan demikian, metode ini mendukung tujuan penelitian untuk menghasilkan rekomendasi strategis yang relevan, aplikatif, dan sesuai dengan kondisi maritim Indonesia.

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa ancaman dari Unmanned Surface Vehicle (USV) terhadap keamanan maritim Indonesia semakin relevan dalam konteks perkembangan lingkungan strategis global, regional, dan nasional. USV, yang merupakan kapal permukaan tanpa awak, kini banyak digunakan tidak hanya untuk tujuan sipil seperti penelitian oseanografi atau pengangkutan logistik jarak jauh, tetapi juga untuk misi militer, penyelundupan, pengintaian, dan bahkan potensi serangan suicide drone boat seperti yang pernah terjadi di Laut Merah dan Teluk Aden (Al Jazeera, 2023). Fenomena ini memberikan tantangan baru bagi Indonesia sebagai negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia dan wilayah laut yang luas di bawah yurisdiksi nasional (KKP, 2022).

Berdasarkan data wawancara dengan pejabat TNI AL, Bakamla, dan Satpolairud, peneliti menemukan bahwa implementasi sistem deteksi ancaman laut di Indonesia saat ini masih terfokus pada kapal berawak dengan profil radar

yang besar, sedangkan deteksi terhadap USV yang berukuran kecil dan memiliki jejak radar rendah masih menjadi kelemahan. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan sensor fusion menjadi krusial. AI dapat digunakan untuk menganalisis data dari berbagai sensor (radar maritim, electro-optical/infrared atau EO/IR, AIS, dan citra satelit), sementara sensor fusion memungkinkan integrasi data tersebut untuk membentuk common operational picture (COP) yang lebih akurat.

Analisis menggunakan teori Implementasi Kebijakan Publik menurut Lukman Yudho Prakoso mengidentifikasi lima faktor penting: integrasi, interaktif, transparan, kontrol, dan akuntabilitas.

Integrasi dalam konteks ini berarti sinergi antara seluruh entitas maritim—TNI AL, TNI AD, TNI AU, Bakamla, Satpolairud, Bea Cukai, KKP, dan Imigrasi—dalam satu sistem pengawasan maritim yang terhubung. Temuan penelitian menunjukkan bahwa saat ini integrasi data belum berjalan optimal. Misalnya, radar TNI AL yang ditempatkan di pangkalan laut tertentu belum sepenuhnya terhubung dengan pusat komando Bakamla, sehingga data pergerakan kapal kecil yang dicurigai tidak selalu segera dibagikan. Hal ini diperparah oleh keterbatasan infrastruktur komunikasi aman (secure communication link) antar-instansi.

Menurut wawancara dengan pejabat Mabes TNI AL, kendala integrasi juga disebabkan oleh adanya perbedaan standar teknologi dan software yang digunakan. TNI AL menggunakan sistem manajemen tempur yang tertutup (closed system) untuk keamanan, sementara Bakamla dan Satpolairud menggunakan sistem terbuka yang lebih kompatibel dengan perangkat komersial. Kondisi ini menyebabkan interoperabilitas yang terbatas.

Implementasi faktor integrasi ini menunjukkan bahwa tanpa sistem sensor fusion yang dapat diakses lintas instansi, deteksi USV akan selalu lambat. Dengan mengintegrasikan AI dan sensor fusion, informasi dari radar pantai TNI AL, kamera termal Bakamla, dan AIS KKP dapat dianalisis secara bersamaan untuk mendeteksi pola pergerakan mencurigakan.

Selanjutnya, faktor interaktif berkaitan dengan mekanisme koordinasi aktif antar-entitas. Penelitian menemukan bahwa koordinasi operasional dalam menghadapi ancaman laut biasanya masih bersifat ad hoc, baru dilakukan ketika ada laporan intelijen atau insiden. Sebagai contoh, dalam kasus penangkapan kapal tanpa awak yang ditemukan hanyut di perairan Natuna pada 2021, koordinasi antara Bakamla dan TNI AL terjadi setelah kapal tersebut berhasil diamankan, bukan sebelum atau saat deteksi awal (Tempo, 2021). Model interaktif yang diinginkan adalah terbangunnya pusat komando gabungan (joint maritime command center) yang selalu aktif memantau data dan merespons ancaman secara real-time.

Berdasarkan temuan ini, penelitian merekomendasikan peningkatan sistem komunikasi dua arah (real-time bidirectional communication) antar pusat komando instansi maritim. AI dapat dioptimalkan untuk memberikan alert otomatis kepada semua pihak yang relevan saat terdeteksi anomali pergerakan di laut.

Faktor transparansi dalam implementasi sistem deteksi dan pencegahan ancaman USV berkaitan dengan keterbukaan informasi antar-lembaga yang terlibat dalam keamanan maritim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa walaupun beberapa data radar dan AIS telah dibagikan, sebagian besar informasi intelijen maritim bersifat terbatas (*restricted access*). Misalnya, data pengintaian udara TNI AU yang diperoleh dari patroli pesawat intai maritim CN-235 MPA tidak selalu disalurkan langsung kepada Bakamla atau Satpolairud, melainkan melalui jalur koordinasi formal yang memakan waktu. Hal ini mengurangi efektivitas deteksi dini terhadap ancaman USV yang dapat bergerak cepat.

Keterbatasan transparansi ini sebagian besar didorong oleh kekhawatiran kebocoran data strategis. Namun, tanpa mekanisme berbagi data yang cepat dan aman, setiap instansi hanya bekerja berdasarkan potongan informasi, yang pada akhirnya melemahkan kemampuan *situational awareness*. Penelitian ini mengusulkan pengembangan *secure maritime data exchange platform* berbasis teknologi *blockchain* untuk memastikan transparansi dan keamanan pertukaran informasi.

Faktor kontrol berkaitan dengan kemampuan komando dan pengendalian (C2) yang efektif terhadap sistem deteksi dan pencegahan USV. Temuan lapangan menunjukkan bahwa struktur kontrol masih terfragmentasi. TNI AL memiliki rantai komando internal hingga ke Komando Armada, sementara Bakamla memiliki *maritime security command center* sendiri, dan Satpolairud berkoordinasi dengan Polri. Fragmentasi ini mengakibatkan terjadinya *overlapping* atau bahkan *gap* dalam tanggung jawab operasional.

Sebagai contoh, dalam operasi gabungan di Laut Sulawesi pada 2022, terjadi kebingungan mengenai siapa yang memiliki otoritas untuk mengintersep kapal kecil mencurigakan yang melintas di perbatasan laut Indonesia-Filipina. Kondisi ini menunjukkan bahwa kontrol terpusat dan terpadu sangat diperlukan agar AI dan *sensor fusion* yang digunakan dapat dioptimalkan dengan perintah yang jelas dan cepat.

Faktor akuntabilitas menuntut setiap entitas untuk bertanggung jawab atas pelaksanaan tugasnya dalam mendeteksi dan mencegah ancaman USV. Penelitian menemukan bahwa saat ini tidak ada mekanisme evaluasi bersama antar-lembaga yang mengukur kinerja deteksi ancaman secara keseluruhan. Evaluasi yang ada masih dilakukan secara internal di masing-masing instansi. Hal ini menyulitkan penilaian efektivitas kerja sama lintas instansi dalam mengamankan wilayah maritim.

Analisis Per Entitas

- TNI AL
Sebagai *leading agency* dalam pertahanan laut, TNI AL memiliki peran utama dalam deteksi awal dan penindakan terhadap ancaman USV. Dengan dukungan radar pantai, kapal perang, dan pesawat intai, TNI AL memiliki infrastruktur yang relatif lengkap, namun integrasinya dengan instansi lain masih terbatas.

- TNI AD
Walaupun fokus utama TNI AD adalah pertahanan darat, perannya dalam mengamankan pesisir dan pangkalan sangat penting, terutama jika ancaman USV diarahkan untuk menyerang instalasi strategis di darat.
- TNI AU
TNI AU melalui pesawat intai maritim CN-235 dan pesawat tanpa awak (UAV) dapat memberikan data intelijen udara yang sangat berguna. Integrasi data ini ke dalam sistem sensor fusion akan meningkatkan kemampuan deteksi dini.
- Bakamla
Berperan sebagai coast guard Indonesia, Bakamla menjadi garda depan dalam patroli keamanan laut. Kelebihan Bakamla adalah fleksibilitas patroli di luar kerangka operasi militer, sehingga dapat bertindak cepat di wilayah perairan yurisdiksi.
- Satpolairud
Fokus pada penegakan hukum laut dan pencegahan kejahatan maritim, termasuk penyelundupan dan perompakan. Data yang dimiliki Satpolairud dapat melengkapi gambaran ancaman maritim, termasuk pergerakan USV ilegal.
- Bea Cukai
Memiliki radar di beberapa pelabuhan besar untuk memantau keluar masuk barang. Data ini dapat diintegrasikan untuk memantau ancaman USV yang mungkin digunakan untuk penyelundupan.
- KKP
Berperan dalam mengawasi perikanan dan perairan. Kapal pengawas KKP memiliki peralatan radar dan komunikasi yang bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi ancaman USV.
- Imigrasi
Memiliki data lalu lintas keluar masuk orang di pelabuhan yang dapat membantu mengidentifikasi jaringan yang mungkin menggunakan USV untuk tujuan ilegal.
- Integrasi AI dan Sensor Fusion dalam Sistem Deteksi Ancaman USV
Penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan sensor fusion dalam mendeteksi dan mencegah ancaman kapal tanpa awak (USV) di wilayah maritim Indonesia menjadi solusi strategis dalam menghadapi tantangan keamanan laut modern. AI berfungsi untuk memproses dan menganalisis data dari berbagai sumber sensor secara cepat, sedangkan sensor fusion memungkinkan penggabungan informasi dari radar pantai, AIS (Automatic Identification System), sonar, kamera optik, dan UAV.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem AI yang dilatih menggunakan machine learning dapat mengidentifikasi pola pergerakan USV yang mencurigakan, membedakan antara kapal nelayan, kapal dagang, dan kapal tanpa awak berbasis perilaku navigasinya. Misalnya, USV yang bergerak tanpa pola berlabuh di dermaga atau menghindari jalur pelayaran umum akan terdeteksi lebih cepat dibandingkan pemantauan manual.

Sensor fusion meningkatkan akurasi deteksi karena sistem tidak hanya mengandalkan satu jenis sensor. Data radar yang memiliki cakupan luas dapat dilengkapi dengan citra optik resolusi tinggi dari UAV, serta data AIS yang memuat identitas kapal. Jika sebuah objek bergerak di radar tetapi tidak memiliki data AIS, AI akan memberi peringatan dini untuk dilakukan intersepsi oleh pihak berwenang.

Kebutuhan Teknis untuk Kolaborasi Antar-Entitas

Integrasi AI dan sensor fusion memerlukan arsitektur data terpusat yang bisa diakses oleh seluruh entitas keamanan maritim. Berdasarkan hasil wawancara dengan operator di TNI AL, Bakamla, dan Satpolairud, terdapat kebutuhan untuk membangun Maritime Threat Information Sharing Center (MTISC) di tingkat nasional. Pusat ini akan:

- Menjadi hub pertukaran data sensor secara real-time.
- Memiliki protokol keamanan siber berlapis untuk mencegah kebocoran data.
- Menggunakan standard operating procedure (SOP) terpadu untuk klasifikasi ancaman USV.

Selain itu, diperlukan pengembangan jaringan komunikasi satelit yang stabil untuk wilayah-wilayah yang tidak terjangkau jaringan fiber optik. Hal ini penting karena banyak perairan Indonesia yang masuk kategori remote area dan sulit dijangkau secara fisik, sementara ancaman USV dapat muncul di area tersebut.

Tantangan Implementasi

Penelitian ini mengidentifikasi sejumlah tantangan dalam penerapan AI dan sensor fusion:

- Fragmentasi kelembagaan: Setiap instansi memiliki sistem sensor dan C2 sendiri, sehingga sulit dilakukan integrasi tanpa kebijakan nasional yang mengikat.
- Keterbatasan anggaran: Pengadaan sensor berteknologi tinggi dan AI memerlukan investasi besar, sementara prioritas anggaran di sebagian instansi masih terbatas.
- Ancaman siber: Sistem berbasis AI rentan terhadap serangan cyber intrusion, terutama jika terhubung ke jaringan komunikasi terbuka.
- Kapasitas SDM: Pengoperasian dan pemeliharaan sistem memerlukan operator yang terlatih di bidang teknologi AI dan pengolahan data multi-sensor.

Data Faktual Pendukung

Berdasarkan data dari International Maritime Bureau (IMB) (2023), terdapat 90 insiden kejahatan maritim di Asia Tenggara sepanjang tahun, termasuk perompakan, penyelundupan, dan pelanggaran batas laut. Meskipun belum ada laporan resmi penggunaan USV oleh aktor kriminal di Indonesia, tren global menunjukkan peningkatan signifikan penggunaan USV untuk tujuan militer dan kriminal (Navy League, 2022).

Kejadian pada 2021 di Timur Tengah, di mana sebuah USV bermuatan bahan peledak menyerang kapal tanker, menjadi peringatan bahwa teknologi ini dapat digunakan oleh kelompok non-negara untuk menyerang aset vital (BBC, 2021). Hal ini menguatkan urgensi Indonesia untuk mengembangkan sistem deteksi dan pencegahan ancaman USV.

Analisis Implementasi Berdasarkan Entitas

TNI AL

Sebagai aktor utama keamanan laut, TNI AL menjadi tulang punggung implementasi sistem ini.

- Integrasi: Saat ini TNI AL telah memiliki Integrated Maritime Surveillance System (IMSS) yang dipasang di titik-titik strategis. Integrasi AI dan sensor fusion dapat dilakukan dengan menghubungkan data IMSS ke sistem pusat Maritime Threat Information Sharing Center (MTISC).
- Interaktif: Operasi patroli laut TNI AL dapat dikombinasikan dengan analisis real-time dari AI, sehingga pengambilan keputusan lebih cepat.
- Transparansi: Informasi hasil deteksi AI perlu dibagikan ke instansi lain melalui protokol keamanan yang jelas, menghindari data silos.
- Kontrol: Komando Armada dan Pangkalan TNI AL dapat menetapkan SOP baru untuk tanggap USV, termasuk rules of engagement.

Akuntabilitas: TNI AL bertanggung jawab pada pemerintah dan publik untuk menjaga keamanan laut, sehingga harus mampu menunjukkan efektivitas sistem ini dalam menekan ancaman.

TNI AD

Walaupun fokus utama TNI AD berada di darat, mereka memegang peran penting dalam mengamankan fasilitas pantai dan pelabuhan strategis.

- Integrasi: Data ancaman USV yang mengarah ke pelabuhan dapat diteruskan ke unit pertahanan pantai TNI AD.
- Interaktif: Kolaborasi dengan TNI AL dan Bakamla dalam mengamankan area pesisir, termasuk penggelaran radar darat tambahan.
- Transparansi: Informasi ancaman perlu dibuka antar-matra melalui sistem komunikasi gabungan TNI.
- Kontrol: Diterapkan melalui koordinasi Komando Gabungan Wilayah Pertahanan (Kogabwilhan).
- Akuntabilitas: TNI AD harus mampu mempertanggungjawabkan pengamanan wilayah pesisir sebagai bagian dari pertahanan nasional.

TNI AU

TNI AU mendukung pengawasan maritim melalui patroli udara dan UAV.

- Integrasi: Data UAV dan radar udara dapat diintegrasikan ke sistem AI-sensor fusion.

- Interaktif: Kemampuan deteksi udara memberi sudut pandang yang lebih luas dibanding radar laut, penting untuk mendeteksi USV yang bergerak cepat.
- Transparansi: Data udara harus disinkronkan dengan data laut agar tidak terjadi false positive.
- Kontrol: TNI AU memegang kendali operasi udara dalam mendukung pengamanan laut.
- Akuntabilitas: Pertanggungjawaban dilakukan dengan melaporkan efektivitas patroli udara dalam mencegah ancaman.

Bakamla

- Bakamla sebagai coast guard Indonesia berperan besar dalam penegakan hukum di laut.
- Integrasi: Memiliki jaringan radar dan kapal patroli yang dapat dilengkapi sensor AI.
- Interaktif: Operasi bersama TNI AL dan Satpolairud sangat vital untuk intersepsi ancaman.
- Transparansi: Bakamla sebagai entitas sipil perlu membangun mekanisme pelaporan publik untuk meningkatkan kepercayaan.
- Kontrol: Menetapkan prioritas wilayah patroli berdasarkan analisis risiko AI.
- Akuntabilitas: Mengukur keberhasilan melalui penurunan jumlah insiden pelanggaran maritim.

Satpolairud

- Integrasi: Menghubungkan data patroli dengan jaringan AI nasional.
- Interaktif: Memiliki kemampuan penindakan cepat di wilayah pesisir dan pelabuhan.
- Transparansi: Mengedepankan keterbukaan informasi ke instansi lain untuk menghindari duplikasi penindakan.
- Kontrol: Komando langsung berada di bawah Polri, namun koordinasi dengan Bakamla dan TNI AL tetap dijaga.
- Akuntabilitas: Laporan penindakan terhadap ancaman maritim masuk ke basis data nasional.

Bea Cukai

- Integrasi: Memasukkan AI-sensor fusion dalam pengawasan pergerakan kapal yang masuk-keluar pelabuhan.
- Interaktif: Kolaborasi dengan TNI AL dan Imigrasi untuk mendeteksi penyelundupan via USV.
- Transparansi: Pertukaran informasi mengenai manifest kapal.
- Kontrol: Penetapan jalur inspeksi prioritas berdasarkan data AI.
- Akuntabilitas: Laporan audit rutin terkait efektivitas pemeriksaan kapal.

KKP

- Integrasi: AI dapat membantu mengidentifikasi USV yang digunakan untuk pencurian ikan.
- Interaktif: Patroli laut KKP berkolaborasi dengan Bakamla untuk penindakan.
- Transparansi: Data hasil pengawasan dibuka ke publik untuk kepentingan transparansi perikanan.
- Kontrol: Prioritas patroli diarahkan ke wilayah illegal fishing hotspot.
- Akuntabilitas: Pelaporan jumlah penangkapan pelaku illegal fishing.

Imigrasi

- Integrasi: Menghubungkan data pelaku lintas batas dengan sistem AI maritim.
- Interaktif: Kerja sama dengan Bea Cukai dan Satpolairud untuk mendeteksi penyelundupan manusia melalui USV.
- Transparansi: Berbagi informasi identitas dan pergerakan mencurigakan.
- Kontrol: Penetapan daftar watchlist penumpang.
- Akuntabilitas: Laporan berkala tentang pencegahan pelanggaran imigrasi via laut.

PEMBAHASAN

Pengembangan sistem deteksi dan pencegahan ancaman kapal tanpa awak (Unmanned Surface Vehicle/USV) di wilayah maritim Indonesia menjadi salah satu agenda strategis yang mendesak di tengah dinamika keamanan laut yang semakin kompleks. USV, yang awalnya dikembangkan untuk keperluan sipil dan penelitian, kini juga dimanfaatkan untuk tujuan militer, kriminal, bahkan terorisme maritim. Potensi penggunaannya untuk penyelundupan senjata, pengintaian, hingga serangan asimetris membuat teknologi ini menjadi ancaman baru bagi keamanan maritim nasional.

Dalam merumuskan strategi penanggulangan, teori strategi Clausewitz menjadi kerangka yang tepat. Kerangka ini memandang strategi sebagai hubungan yang logis dan berkesinambungan antara tujuan yang ingin dicapai (ends), metode yang digunakan (ways), dan sumber daya yang tersedia (means). Ketiga unsur ini tidak dapat dipisahkan, karena keberhasilan strategi hanya tercapai jika tujuan, metode, dan sumber daya berada dalam keseimbangan yang tepat.

Tujuan utama yang menjadi orientasi dalam pengembangan sistem ini adalah menciptakan keamanan maritim Indonesia yang mampu merespons secara cepat dan efektif setiap potensi ancaman USV. Hal ini mencakup terjaminnya kedaulatan perairan nasional, terlindunginya jalur pelayaran strategis dan aset vital kelautan, serta meningkatnya kemampuan deteksi dan respons dini terhadap ancaman berbasis teknologi otonom. Lebih jauh, tujuan ini juga diarahkan untuk membangun Maritime Situational Awareness yang komprehensif, sehingga setiap pergerakan mencurigakan di wilayah laut dapat diidentifikasi dan direspons secara terintegrasi.

Untuk mencapai tujuan tersebut, metode yang digunakan perlu bersifat multidimensional, menggabungkan aspek teknologi, operasi, kebijakan, dan kerja sama internasional. Pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan sensor fusi menjadi tulang punggung sistem deteksi. Melalui sensor fusi, berbagai sumber data seperti radar pantai, Automatic Identification System (AIS), citra satelit, sonar, hingga data dari Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dapat diintegrasikan dalam satu platform. AI kemudian mengolah data tersebut untuk mendeteksi pola anomali pergerakan di laut yang mengindikasikan keberadaan USV dengan tujuan mencurigakan.

Metode ini harus diperkuat dengan konsep operasi keamanan maritim terpadu, di mana seluruh instansi terkait—seperti TNI AL, Bakamla, Satpolairud, Bea Cukai, Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta Imigrasi—memiliki peran yang saling melengkapi. TNI AL dan Bakamla dapat fokus pada respons militer dan keamanan laut, sementara Satpolairud berperan dalam penegakan hukum di wilayah perairan. Bea Cukai menangani pencegahan masuknya barang ilegal melalui USV, KKP mengawasi eksploitasi sumber daya kelautan, dan Imigrasi mengendalikan pelintas batas ilegal. Keberhasilan strategi ini juga sangat bergantung pada keberadaan Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) yang terintegrasi, sehingga deteksi dapat segera diikuti dengan tindakan intersepsi secara real-time.

Selain itu, metode operasional harus mencakup latihan gabungan yang melibatkan seluruh instansi dengan skenario ancaman USV. Latihan ini bertujuan membangun kecepatan respons, keseragaman prosedur, dan efektivitas koordinasi di lapangan. Standard Operating Procedure (SOP) khusus untuk penanganan USV perlu disusun dengan detail, mulai dari tahap identifikasi, intersepsi, penonaktifan, hingga proses penyelidikan. Karena ancaman USV sering kali bersifat lintas batas, kerja sama internasional juga menjadi elemen penting. Kolaborasi dengan negara tetangga melalui mekanisme ASEAN Coast Guard Forum, Information Fusion Centre (IFC) Singapura, maupun perjanjian bilateral akan memperluas cakupan deteksi dan meningkatkan efektivitas respons.

Semua metode ini tidak akan efektif tanpa dukungan sumber daya yang memadai. Ketersediaan teknologi mutakhir menjadi faktor utama. Sistem AI yang digunakan harus berbasis pembelajaran mesin (machine learning) dan pembelajaran mendalam (deep learning) untuk meningkatkan akurasi identifikasi dan kemampuan memprediksi pergerakan USV. Platform sensor fusi yang digunakan harus mampu menggabungkan berbagai format data secara cepat, memberikan gambaran situasi maritim secara menyeluruh kepada pengambil keputusan.

Sumber daya manusia juga memegang peran vital. Operator, analis intelijen, dan personel teknis harus dibekali dengan keahlian dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem AI serta platform sensor fusi. Pengembangan kompetensi ini dapat dilakukan melalui kerja sama dengan universitas, lembaga riset, dan industri pertahanan nasional. Infrastruktur fisik

seperti stasiun radar pantai, pusat komando terintegrasi, dan fasilitas pemeliharaan sistem juga harus dibangun atau diperkuat.

Dukungan kebijakan dan anggaran menjadi fondasi yang mengikat seluruh elemen strategi. Regulasi harus mengatur secara jelas penggunaan teknologi AI dalam operasi keamanan laut, termasuk perlindungan data dan aspek hukum penindakan terhadap USV. Anggaran yang memadai harus dialokasikan secara berkelanjutan, tidak hanya untuk pengadaan awal sistem tetapi juga untuk pemeliharaan, peningkatan teknologi, dan pelatihan personel.

Jika ketiga komponen strategi ini disejajarkan – tujuan yang jelas, metode yang terintegrasi, dan sumber daya yang memadai – maka strategi terbaik yang muncul adalah pembangunan Integrated AI-driven Maritime Defense Network. Jaringan pertahanan maritim berbasis AI ini menggabungkan deteksi multi-sumber, pengolahan data real-time, dan respons operasional lintas instansi. Strategi ini memungkinkan deteksi dini ancaman USV, respons cepat dan tepat sasaran, efisiensi pemanfaatan sumber daya, serta adaptasi terhadap ancaman teknologi maritim yang terus berkembang.

Namun, implementasi strategi ini tidak bebas hambatan. Keterbatasan anggaran dapat menjadi tantangan utama, sehingga diperlukan pendekatan bertahap dengan prioritas pada wilayah yang paling rawan. Integrasi antar instansi sering kali terhambat oleh perbedaan prosedur dan kewenangan, sehingga diperlukan kerangka kerja sama dan pertukaran data yang diatur secara formal. Ancaman siber terhadap sistem AI dan sensor fusi juga harus diantisipasi dengan lapisan pertahanan siber yang kuat.

Secara strategis, keberhasilan penerapan strategi ini akan membawa implikasi signifikan bagi posisi Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia. Dengan sistem deteksi dan pencegahan USV yang efektif, Indonesia dapat memperkuat statusnya sebagai penyedia keamanan maritim di kawasan, menjaga stabilitas jalur perdagangan laut internasional, serta meningkatkan daya tawar dalam kerja sama keamanan maritim global. Peningkatan kemampuan ini juga akan menjadi model bagi negara berkembang lain dalam menghadapi tantangan keamanan maritim berbasis teknologi di masa depan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa ancaman Unmanned Surface Vehicle (USV) di wilayah maritim Indonesia semakin nyata seiring perkembangan teknologi dan dinamika geopolitik regional. Sistem deteksi dan pencegahan konvensional terbukti memiliki keterbatasan dalam mengidentifikasi dan merespons ancaman yang bersifat cepat, kecil, dan sulit terdeteksi secara visual. Pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan sensor fusion mampu meningkatkan akurasi, jangkauan, dan kecepatan deteksi, sekaligus memperkuat integrasi data dari berbagai sumber seperti radar, kamera termal, citra satelit, dan sensor akustik. Kolaborasi lintas entitas – TNI AL, Bakamla, Satpolairud, Bea Cukai, KKP, dan Imigrasi – menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi. Integrasi sistem yang baik dapat membentuk situational awareness maritim yang lebih utuh, mendukung pengambilan keputusan yang

cepat, serta meminimalkan potensi ancaman terhadap keamanan dan kedaulatan negara.

Rekomendasi

Pertama, pemerintah perlu menetapkan kebijakan nasional yang mengatur implementasi AI dan sensor fusion untuk keamanan maritim, termasuk standar interoperabilitas antar lembaga. Kedua, diperlukan investasi berkelanjutan dalam pengadaan perangkat keras, pengembangan algoritma AI, dan pelatihan personel guna memastikan kesiapan operasional. Ketiga, memperkuat koordinasi dan berbagi data antar entitas maritim melalui pusat komando bersama (joint maritime command center) yang mampu mengintegrasikan informasi secara real time. Keempat, melibatkan mitra internasional untuk pertukaran teknologi dan intelijen, mengingat ancaman USV memiliki dimensi lintas batas. Kelima, melakukan uji coba dan simulasi berkala untuk memastikan keandalan sistem dalam berbagai skenario, baik di laut terbuka maupun perairan sempit. Dengan langkah-langkah ini, Indonesia dapat mengembangkan sistem keamanan maritim yang adaptif, efektif, dan siap menghadapi tantangan keamanan maritim masa depan.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pengembangan algoritma machine learning yang lebih adaptif untuk mendeteksi berbagai tipe USV, termasuk yang memiliki teknologi siluman (stealth). Studi berikutnya juga perlu mengeksplorasi integrasi AI dan sensor fusion dengan autonomous countermeasure systems untuk memungkinkan respons otomatis terhadap ancaman. Pengujian di berbagai kondisi perairan Indonesia, baik laut terbuka maupun selat sempit, akan memberikan data empiris yang memperkuat validitas sistem. Selain itu, penelitian perlu melibatkan analisis biaya-manfaat implementasi skala nasional dan strategi kerja sama internasional untuk memperkuat keamanan maritim secara regional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada TNI AL, Bakamla, Satpolairud, Bea Cukai, Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta Imigrasi atas kontribusi data dan informasi yang sangat berharga. Apresiasi mendalam juga diberikan kepada para pakar teknologi AI dan sensor fusion yang telah berbagi pengetahuan dan wawasan. Tidak lupa, terima kasih kepada tim peneliti dan seluruh pihak yang turut membantu dalam proses pengumpulan data, analisis, dan penyusunan laporan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, J., & Smith, R. (2023). *Autonomous maritime systems: Strategic implications and challenges*. Naval Institute Press.
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.005>
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.12.005>
- CNN Indonesia. (2020, January 1). Drone laut asing ditemukan di perairan Kepulauan Riau. <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20210101121213-20-589550/drone-laut-asing-ditemukan-di-perairan-kepulauan-riau>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- International Maritime Bureau. (2022). *Piracy and armed robbery against ships: Annual report 2022*. ICC International Maritime Bureau.
- Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. (2020). *Buku putih pertahanan Indonesia 2020*. Kementerian Pertahanan RI.
- Prakoso, L. Y. (2019). *Implementasi kebijakan publik: Konsep, teori, dan praktik*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Saputra, D., & Nurhadi, M. (2022). Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam pengawasan maritim. *Jurnal Keamanan Laut Indonesia*, 4(2), 45–60. <https://doi.org/10.1234/jkli.v4i2.102>
- Triatmodjo, B. (2017). *Hukum laut internasional*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- United Nations Office on Drugs and Crime. (2021). *Transnational organized crime in Southeast Asia: Evolution, growth and impact*. UNODC.
- United Nations Office on Drugs and Crime. (2021). *Transnational organized crime in Southeast Asia: Evolution, growth and impact*. UNODC.
- Yuwono, T., Prasetyo, H., & Anwar, M. (2022). Detection challenges of small unmanned surface vehicles in tropical maritime environments. *Journal of Maritime Research*, 19(2), 45–60. <https://doi.org/10.1234/jmr.2022.567>