



Implementasi Sistem Interoperabilitas Peralatan Teknologi Komunikasi Berbasis Satelit Pada Satuan Tugas Pengamanan Pulau-Pulau Kecil Terluar Guna Mengatasi Ancaman

Benny Leonardo Limbong^{1*}, Priyanto², Rudy Sutanto³

^{1,2,3} Prodi Strategi dan Kampanye Militer, Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received June 29, 2025

Revised September 25, 2025

Accepted September 30, 2025

Available online September 30, 2025

Kata Kunci :

sistem interoperabilitas, satelit, pulau-pulau kecil terluar, pengamanan, ancaman, komunikasi

Keywords:

interoperability system, satellite, outermost small islands, security, threats, communication



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright ©2025 by Benny Leonardo Limbong, Priyanto, Rudy Sutanto. Published by CV. Rifainstitut

ABSTRAK

Pulau-pulau kecil terluar Indonesia memiliki peran strategis dalam menjaga kedaulatan negara, namun Satuan Tugas Pengamanan Pulau-pulau Kecil Terluar menghadapi tantangan besar dalam melaksanakan tugasnya, terutama karena letaknya yang terpencil dan keterbatasan sarana prasarana pendukung, khususnya peralatan teknologi komunikasi. Penelitian ini bertujuan menilai implementasi sistem interoperabilitas peralatan teknologi komunikasi berbasis satelit sebagai solusi mengatasi tantangan tersebut, dengan fokus pada peningkatan efektivitas koordinasi dan komunikasi antar satuan tugas. Keterbatasan komunikasi konvensional seringkali menghambat transfer informasi secara real-time, berdampak pada lambatnya respons terhadap ancaman. Menggunakan pendekatan kualitatif, penelitian ini melibatkan studi kasus pada Satuan Tugas Pengamanan di beberapa pulau kecil terluar melalui wawancara mendalam dengan personel terkait, analisis dokumen, dan observasi langsung. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa sistem interoperabilitas berbasis satelit memiliki potensi besar dalam meningkatkan koordinasi dan komunikasi antar satuan tugas melalui pertukaran data real-time dengan keamanan data yang memungkinkan pemantauan lebih efektif dan mempercepat pengambilan keputusan. Namun, penelitian juga mengidentifikasi kendala implementasi, seperti keterbatasan anggaran, kekurangan tenaga ahli terlatih, dan kompleksitas teknis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem interoperabilitas peralatan teknologi komunikasi berbasis satelit dapat berkontribusi signifikan dalam memperkuat pengamanan pulau-pulau kecil terluar dan mendukung kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia melalui peralatan teknologi komunikasi terintegrasi dan respons lebih cepat terhadap ancaman.

ABSTRACT

Indonesia's outer small islands play a strategic role in safeguarding national sovereignty. However, the Outer Small Islands Security Task Force faces significant challenges in carrying out its duties, primarily due to remote locations and limited supporting infrastructure, including communication technology equipment. This study aims to assess the implementation of a satellite-based interoperability system for communication technology equipment as a solution to these challenges, focusing on improving coordination and communication effectiveness among task forces. Limitations in conventional communication often hinder real-time information transfer, impacting response speed to emerging threats. Using a qualitative approach, this research involves a case study of Security Task Forces on several outer small islands through in-depth interviews with relevant personnel, document analysis, and direct observation. Findings indicate that satellite-based interoperability systems hold significant potential for enhancing coordination and communication through real-time data exchange under secure conditions, facilitating more effective security monitoring and accelerating decision-making. However, the study also identifies implementation challenges, such as budget constraints, lack of trained experts, and technical complexities. This study concludes that satellite-based communication technology equipment interoperability systems can significantly contribute to strengthening outer small islands security and supporting the sovereignty of the Unitary State of the Republic of Indonesia through integrated communication technology and faster threat responses.

*Corresponding author

E-mail addresses: benny_limbong@unhan.ac.id (Benny Leonardo Limbong)

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia menghadapi kompleksitas ancaman keamanan maritim yang unik. Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penetapan Pulau-Pulau Kecil Terluar, Indonesia memiliki 111 pulau kecil terluar, dengan 12 di antaranya dianggap lebih rentan terhadap berbagai ancaman dalam aspek pertahanan dan keamanan. Pulau-pulau prioritas tersebut meliputi Pulau Rondo (NAD), Pulau Berhala (Sumatera Utara), Pulau Nipa dan Sekatung (Kepulauan Riau), Pulau Marampit, Pulau Marore, dan Pulau Miangas (Sulawesi Utara), Pulau Fani, Pulau Fanildo, dan Pulau Brass (Papua), serta Pulau Dana dan Batek (Nusa Tenggara Timur).

Untuk mengamankan pulau-pulau strategis ini, TNI AL membentuk Satuan Tugas Pengamanan Pulau-pulau Kecil Terluar yang berada di bawah komando masing-masing Komando Daerah Militer (Kodam). Satuan tugas ini bertanggung jawab mengamankan wilayah perbatasan dari berbagai ancaman yang dapat mengganggu kedaulatan negara, menjaga keamanan sumber daya alam, melaksanakan patroli rutin, melakukan pengawasan terhadap aktivitas mencurigakan, serta mengimplementasikan operasi militer atau tindakan hukum yang diperlukan untuk menanggulangi ancaman.

Ancaman keamanan di pulau-pulau kecil terluar sangat beragam dan signifikan. Salah satu ancaman terbesar adalah *illegal, unreported, and unregulated (IUU) fishing* yang menyebabkan kerugian ekonomi masif bagi Indonesia. (Cabral et al., 2018) dalam penelitiannya di jurnal *Nature Ecology & Evolution* melaporkan bahwa Indonesia kehilangan sekitar USD 4 miliar per tahun akibat IUU fishing sebelum tahun 2014. Meskipun kebijakan pemberantasan IUU fishing menunjukkan hasil positif dengan penurunan kerugian menjadi USD 74 juta pada tahun 2021 ((AMTI-CSIS), 2022), ancaman ini tetap memerlukan sistem pengawasan yang efektif. Putra et al. (2023) mengidentifikasi bahwa pada periode pandemi 2020-2021, Kementerian Kelautan dan Perikanan menangkap 100 kapal yang terlibat IUU fishing dengan kerugian mencapai IDR 30 triliun.

Selain IUU fishing, ancaman lain meliputi pelanggaran kedaulatan wilayah, penyelundupan narkoba dan senjata, perdagangan manusia, infiltrasi, dan kegiatan spionase (ANNAS, 2024). Untuk menghadapi spektrum ancaman yang luas ini, sistem komunikasi yang andal dan terintegrasi menjadi kebutuhan kritis bagi Satuan Tugas Pengamanan Pulau-pulau Kecil Terluar.

Namun, berdasarkan penelitian lapangan, sistem komunikasi yang saat ini digunakan masih mengandalkan peralatan konvensional seperti radio SSB (Single Side Band) dan Handy Talkie (HT) yang memiliki keterbatasan fundamental. Radio SSB, meskipun dapat menjangkau komunikasi jarak jauh, rentan terhadap gangguan cuaca dan hanya mendukung komunikasi suara dengan kualitas terbatas. Keterbatasan ini berdampak langsung pada efektivitas operasional, dengan rata-rata waktu pelaporan insiden dari lapangan ke pusat komando mencapai 2-4 jam berdasarkan data wawancara dengan personel Satuan Tugas.

Sistem interoperabilitas komunikasi berbasis satelit menawarkan solusi strategis untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Teknologi komunikasi satelit telah terbukti menjadi tulang punggung operasi keamanan maritim modern di berbagai negara. (Office, 2024) dalam laporannya menyatakan bahwa Departemen Pertahanan Amerika Serikat sedang mengembangkan pendekatan baru dalam akuisisi sistem komunikasi satelit yang lebih aman dan interoperable untuk menghadapi lingkungan operasional yang *contested*. Laporan tersebut menekankan pentingnya interoperabilitas dalam sistem komunikasi satelit militer untuk meningkatkan resiliensi dan efektivitas operasional.

Penelitian ini menjadi penting karena belum ada studi komprehensif yang menganalisis implementasi spesifik sistem interoperabilitas berbasis satelit untuk konteks pengamanan pulau-pulau kecil terluar Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kondisi eksisting peralatan teknologi komunikasi Satuan Tugas Pengamanan Pulau-pulau Kecil

Terluar; (2) mengevaluasi potensi implementasi sistem interoperabilitas berbasis satelit dalam meningkatkan efektivitas operasional; (3) mengidentifikasi tantangan dan kendala implementasi; serta (4) merumuskan strategi implementasi yang sesuai dengan konteks Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus untuk menganalisis implementasi sistem interoperabilitas komunikasi berbasis satelit pada Satuan Tugas Pengamanan Pulau-pulau Kecil Terluar. Penelitian dilakukan di tiga lokasi representatif: Pulau Miangas (Sulawesi Utara), Pulau Nipa (Kepulauan Riau), dan Pulau Dana (Nusa Tenggara Timur) pada periode Maret-Agustus 2024.

Data dikumpulkan melalui tiga metode: (1) wawancara mendalam dengan 18 informan yang terdiri dari Komandan Satuan Tugas, operator komunikasi, anggota patroli lapangan, dan perwira staf Kodam; (2) observasi langsung terhadap peralatan komunikasi dan prosedur operasional; dan (3) analisis dokumen meliputi SOP komunikasi, laporan operasional, dan regulasi terkait. Informan dipilih secara purposive berdasarkan keterlibatan langsung dalam operasi komunikasi dan pengalaman minimal 2 tahun di pulau terluar.

Analisis data dilakukan menggunakan thematic analysis dengan tahapan familiarisasi data, coding, kategorisasi, identifikasi tema, dan interpretasi. Validitas penelitian dijaga melalui triangulasi sumber data, member checking, dan peer debriefing. Penelitian telah mendapat persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Universitas Pertahanan (Nurhaliza et al., 2025).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Peralatan Teknologi Komunikasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralatan komunikasi Satuan Tugas Pengamanan Pulau-pulau Kecil Terluar masih sangat terbatas dan mengandalkan teknologi konvensional. Peralatan utama yang digunakan meliputi Radio SSB (Single Side Band), Handy Talkie (HT), dan alat apung dengan kemampuan komunikasi minimal. Radio SSB merupakan peralatan komunikasi jarak jauh utama untuk berkomunikasi dengan pusat komando. Meskipun dapat menjangkau komunikasi hingga ratusan kilometer, Radio SSB memiliki keterbatasan fundamental karena sistem ini hanya mendukung komunikasi suara dengan bandwidth maksimal 3 kHz. Temuan lapangan menunjukkan bahwa cuaca ekstrem seperti hujan lebat, badai, dan kabut tebal sering menyebabkan komunikasi terputus atau terganggu. Salah satu informan Komandan Satuan Tugas menyatakan: "Saat cuaca buruk, kami bisa kehilangan kontak dengan komando selama 4-6 jam. Ini sangat berbahaya jika terjadi insiden darurat."

Untuk komunikasi jarak dekat, Handy Talkie (HT) digunakan antar personel di lapangan dengan jangkauan efektif 1-5 km tergantung medan. HT memadai untuk koordinasi lokal namun tidak mencukupi untuk operasi di wilayah laut yang luas. Observasi lapangan menunjukkan bahwa ketika patroli laut dilakukan, HT kehilangan sinyal setelah kapal bergerak lebih dari 3 km dari pos pangkalan. Alat apung yang dimiliki Satuan Tugas berupa sea rider dan perahu karet juga memiliki jumlah dan kemampuan sangat terbatas. Data inventaris menunjukkan bahwa dari 24 unit alat apung yang disurvei, hanya 3 unit yang memiliki radio VHF maritime, dan tidak ada satupun yang dilengkapi dengan terminal satelit VSAT atau Inmarsat.

Keterbatasan peralatan komunikasi ini berdampak langsung pada efektivitas operasional. Data wawancara mengindikasikan bahwa rata-rata waktu untuk melaporkan insiden dari lokasi kejadian ke pusat komando adalah 2-4 jam, dengan beberapa kasus mencapai 6-8 jam saat komunikasi SSB terganggu. Delay yang signifikan ini dapat berakibat fatal dalam situasi

seperti illegal fishing, intrusi kapal asing, atau keadaan darurat medis yang memerlukan evakuasi.

Ancaman Keamanan di Pulau-Pulau Kecil Terluar

Berdasarkan wawancara dengan personel Satuan Tugas dan analisis dokumen laporan operasional, penelitian ini mengidentifikasi enam kategori utama ancaman yang dihadapi. Ancaman terhadap kedaulatan wilayah masih sering terjadi, terutama oleh kapal-kapal asing, dengan data laporan menunjukkan rata-rata 3-5 insiden intrusi kapal asing per bulan di tiga lokasi penelitian. Keterbatasan komunikasi menyebabkan dokumentasi dan pelaporan insiden sering terlambat.

Penangkapan ikan ilegal (IUU fishing) merupakan ancaman paling sering terjadi dan paling merugikan. (Cabral et al., 2018) dalam penelitiannya di jurnal *Nature Ecology & Evolution* melaporkan bahwa Indonesia kehilangan USD 4 miliar per tahun sebelum tahun 2014 akibat IUU fishing. Meskipun kebijakan pemberantasan menunjukkan hasil positif, data ((AMTI-CSIS), 2022) menunjukkan bahwa Indonesia masih mengalami kerugian USD 74 juta pada tahun 2021. (Khan et al., 2024) lebih lanjut mengidentifikasi bahwa pada periode pandemi 2020-2021, 100 kapal IUU ditangkap dengan kerugian mencapai IDR 30 triliun. Keterbatasan komunikasi menyebabkan Satuan Tugas tidak dapat melakukan real-time reporting saat mendeteksi kapal ikan asing, mengakibatkan pelaku sering melarikan diri sebelum backup tiba. (Suherman et al., 2020) dalam penelitiannya tentang Task Force 115 menekankan bahwa efektivitas pemberantasan IUU fishing sangat bergantung pada kemampuan komunikasi dan koordinasi yang cepat.

Pulau-pulau terpencil juga menjadi jalur favorit untuk penyelundupan narkoba, senjata, dan barang ilegal lainnya. Informan melaporkan bahwa tanpa komunikasi real-time, koordinasi dengan instansi penegak hukum lain seperti Bea Cukai dan Polisi untuk interdiction operasi penyelundupan sangat sulit dilakukan. Ancaman lingkungan berupa kerusakan akibat illegal mining, penambangan pasir laut, dan pencemaran menjadi ancaman jangka panjang yang memerlukan monitoring efektif melalui transmisi data sensor dan foto secara berkala, yang tidak dapat dilakukan dengan peralatan komunikasi eksisting.

Beberapa pulau kecil terluar yang berada dekat dengan wilayah negara lain menjadi target potensial untuk kegiatan infiltrasi dan spionase. Tanpa sistem komunikasi aman dan terenkripsi, Satuan Tugas rentan terhadap penyadapan komunikasi. Meskipun frekuensinya lebih rendah, potensi pulau-pulau kecil sebagai transit point bagi kelompok teroris atau migran ilegal tetap menjadi perhatian serius yang memerlukan sistem pengawasan yang lebih baik.

Potensi Sistem Interoperabilitas Berbasis Satelit

Implementasi sistem interoperabilitas komunikasi berbasis satelit menawarkan solusi strategis untuk mengatasi keterbatasan yang diidentifikasi. Teknologi komunikasi satelit modern telah terbukti efektif dalam operasi keamanan maritim. Analysys Mason (2024) dalam laporan penelitiannya menyatakan bahwa pasar komunikasi satelit militer global bernilai lebih dari USD 78 miliar dan terus berkembang, dengan interoperabilitas menjadi faktor kunci kesuksesan.

Sistem yang optimal untuk konteks Indonesia meliputi terminal komunikasi satelit berupa VSAT (Very Small Aperture Terminal) di setiap pos Satuan Tugas yang akan memberikan konektivitas internet dengan bandwidth 5-10 Mbps, memadai untuk voice, data, dan video communication. Untuk platform mobile seperti patrol boat, implementasi terminal satelit maritime yang stabilized akan memungkinkan komunikasi saat bergerak. Pusat Komando dan Kontrol (C2 Center) juga perlu diupgrade kapabilitasnya, karena U.S. GAO (2024) menekankan pentingnya sistem C2 yang terintegrasi untuk mengelola multiple

communication channels. Upgrade di tingkat Kodam dengan sistem manajemen komunikasi terpadu yang dapat mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi seperti VSAT, radio, dan telephone menjadi kebutuhan kritis.

Integrasi radar dan sensor dengan komunikasi satelit diperlukan untuk transmisi data surveillance real-time. AIS (Automatic Identification System) receiver di setiap pos akan mendeteksi kapal dalam radius 50-100 km dan mengirim data secara otomatis ke C2 Center melalui satelit. Mengingat ancaman keamanan siber yang signifikan, sistem keamanan siber berlapis menjadi komponen penting. (Kang et al., 2024) dalam penelitiannya di jurnal *Sensors* mengidentifikasi bahwa 47% sistem satelit sipil dan militer mengalami setidaknya satu percobaan serangan siber dalam lima tahun terakhir. Penelitian tersebut menekankan perlunya framework keamanan berlapis meliputi enkripsi end-to-end, authentication multi-faktor, intrusion detection system, dan physical security untuk ground station.

Berdasarkan analisis sistem serupa yang diimplementasikan di negara lain dan benchmark dengan standar internasional, sistem interoperabilitas satelit diproyeksikan memberikan manfaat operasional yang signifikan. Response time diproyeksikan meningkat drastis dari rata-rata 2-4 jam menjadi hanya 5-15 menit untuk incident reporting dan initial response, sejalan dengan standar operasional internasional untuk sistem berbasis satelit. Coverage monitoring juga diproyeksikan meningkat dari kondisi eksisting yang terbatas menjadi 90-95% wilayah dengan real-time visibility. Kemampuan interdiction terhadap illegal fishing dan smuggling diharapkan meningkat melalui kemampuan koordinasi yang lebih cepat dan akurat, serta memungkinkan information sharing real-time dengan Coast Guard, Police, Customs, dan regional partners melalui secure network.

Tantangan Implementasi

Meskipun potensi manfaatnya signifikan, implementasi sistem interoperabilitas satelit menghadapi beberapa tantangan kritis. Keterbatasan anggaran menjadi hambatan utama, karena estimasi investasi awal untuk implementasi sistem komunikasi satelit memerlukan anggaran yang substansial. (Mason, 2024) melaporkan bahwa pengembangan infrastruktur milsatcom memerlukan investasi jangka panjang yang konsisten. Dalam konteks keterbatasan anggaran pertahanan Indonesia, diperlukan pendekatan bertahap dan prioritas yang tepat.

Kekurangan SDM terlatih juga menjadi tantangan serius. Berdasarkan wawancara, kurang dari 15% personel Satuan Tugas memiliki pelatihan teknis dalam satellite communication. Implementasi sistem modern memerlukan satellite communication technicians untuk operate dan maintain terminal, cyber security specialists untuk monitor dan respond to threats, serta data analysts untuk exploit information dari surveillance systems. Kompleksitas teknis muncul dari kondisi lingkungan ekstrem di pulau-pulau terluar yang menimbulkan tantangan tersendiri. Suhu tinggi, kelembaban ekstrem, dan salt spray dapat merusak electronic equipment. Ground station memerlukan power supply yang reliable, sementara banyak pulau terluar belum memiliki electricity grid yang stabil (Modeong et al., 2020).

Tantangan koordinasi antar-lembaga juga tidak bisa diabaikan. Implementasi sistem interoperabilitas memerlukan kerjasama erat antara TNI, Kementerian Pertahanan, Kementerian Kominfo, dan stakeholder lain, yang sering terhambat oleh ego sektoral dan perbedaan prioritas. Keamanan siber menjadi perhatian kritis karena (Kang et al., 2024) mengidentifikasi ancaman ini sebagai risiko utama dalam sistem komunikasi satelit. Penelitian tersebut mengkategorikan ancaman menjadi tiga jenis: ancaman terhadap confidentiality melalui penyadapan, integrity melalui spoofing, dan availability melalui jamming. Implementasi sistem satelit untuk pertahanan memerlukan protokol keamanan berlapis untuk mitigasi risiko ini.

Strategi Implementasi

Berdasarkan analisis tantangan dan pembelajaran dari best practices internasional, penelitian ini merekomendasikan strategi implementasi bertahap dalam tiga fase selama 10 tahun. Fase pertama sebagai pilot implementation akan berlangsung selama tahun 1-2 dengan fokus pada implementasi sistem di 12 pulau prioritas tinggi. Fase ini akan berkonsentrasi pada infrastruktur dasar seperti VSAT terminal, power system, dan basic C2 upgrade, disertai dengan pelatihan intensif untuk key personnel serta evaluasi dan learning untuk fase berikutnya.

Fase kedua sebagai expansion akan dilaksanakan pada tahun 3-5 dengan scale-up ke 50 pulau dengan prioritas sedang. Fase ini mencakup implementasi mobile terminal di patrol boats, full C2 system upgrade dengan GIS integration, serta advanced training untuk expanded personnel. Fase ketiga sebagai consolidation akan berlangsung pada tahun 6-10 dengan complete coverage untuk 111 pulau, pembangunan regional information sharing network, dan advanced capabilities integration.

Keberhasilan implementasi bergantung pada beberapa enablers kritis. Regulatory framework perlu diharmonisasi antar-lembaga untuk spectrum allocation, data sharing, dan procurement, karena U.S. GAO (2024) menekankan pentingnya clear legal framework sebagai foundation untuk implementation. Public-private partnership dengan operator satelit komersial seperti Telkom dan Indosat dapat mengurangi capital investment dan leverage existing infrastructure. Capacity building program perlu dirancang berjenjang dari basic operator hingga advanced engineer dengan sertifikasi yang sesuai standar. Pembentukan Security Operations Center (SOC) khusus untuk satellite systems dengan monitoring capability 24/7 diperlukan untuk cyber security governance, mengacu pada framework keamanan berlapis yang direkomendasikan (Kang et al., 2024). Terakhir, regional cooperation dengan ASEAN partners untuk information sharing dan joint response capability terhadap transnational threats akan memperkuat efektivitas sistem secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan penting terkait implementasi sistem interoperabilitas komunikasi berbasis satelit untuk pengamanan pulau-pulau kecil terluar Indonesia. Kondisi eksisting peralatan komunikasi Satuan Tugas sangat terbatas, dengan dominasi Radio SSB dan HT yang memiliki keterbatasan fundamental menyebabkan rata-rata delay pelaporan 2-4 jam. Spektrum ancaman yang dihadapi sangat beragam, dengan IUU fishing sebagai ancaman paling signifikan yang menyebabkan kerugian USD 4 miliar per tahun sebelum 2014 menurut Cabral, dan meskipun menurun menjadi USD 74 juta pada 2021 berdasarkan data AMTI-CSIS (2022), ancaman ini tetap memerlukan sistem komunikasi real-time dan terintegrasi untuk pengawasan efektif.

Sistem interoperabilitas berbasis satelit memiliki potensi besar meningkatkan efektivitas operasional, dengan proyeksi pengurangan response time hingga 90% dan peningkatan coverage monitoring hingga 90-95% wilayah. Namun implementasinya menghadapi tantangan kritis meliputi keterbatasan anggaran, kekurangan SDM terlatih, kompleksitas teknis, dan ancaman keamanan siber yang diidentifikasi sebagai risiko yang memerlukan framework keamanan berlapis. Strategi implementasi bertahap dalam tiga fase selama 10 tahun dengan fokus pada pilot project di 12 pulau prioritas merupakan pendekatan realistis yang didukung oleh enablers kritis meliputi regulatory framework, public-private partnership, capacity building, cyber security governance, dan regional cooperation.

Penelitian ini berkontribusi secara praktis dengan menyediakan framework implementasi yang dapat dijadikan rujukan oleh TNI dan Kementerian Pertahanan. Keterbatasan penelitian termasuk cakupan geografis terbatas pada tiga lokasi dan ketidakmampuan melakukan pilot implementation untuk validasi empiris. Penelitian lanjutan

disarankan untuk melakukan cost-benefit analysis yang lebih detail dan pilot implementation untuk testing dan validation.

5. REFERENSI

- (AMTI-CSIS), A. M. T. I. (2022). IUU Fishing as an Evolving Threat to Southeast Asia's Maritime Security. In *CSIS Reports*. Center for Strategic and International Studies (CSIS). <https://www.csis.org/reports/iuu-fishing-evolving-threat-southeast-asias-maritime-security>
- ANNAS, H. A. (2024). *Pengawasan Dinas Kelautan Dan Perikanan Terhadap Penangkapan Ikan secara Ilegal Di Kabupaten Pangkep= SUPERVISION OF THE MARINE AND FISHERIES SERVICE AGAINST ILLEGAL FISHING IN PANGKEP REGENCY*. Universitas Hasanuddin.
- Cabral, R. B., Mayorga, J., Clemence, M., Lynham, J., Koeshendrajana, S., Muawanah, U., Nugroho, D., Anna, Z., Mira, Ghofar, A., Zulbainarni, N., Gaines, S. D., & Costello, C. (2018). Rapid and lasting gains from solving illegal fishing. *Nature Ecology & Evolution*, 2(4), 650–658. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0499-1>
- Kang, M., Park, S., & Lee, Y. (2024). A survey on satellite communication system security. *Sensors*, 24(9), 2897.
- Khan, A. M. A., Jiang, M., Yang, X., Apriliani, I. M., Purba, N. P., Wiryawan, B., Taurusman, A. A., & Pasaribu, B. (2024). Illegal fishing threatens the sustainability of future tuna commodities in Indonesia. *Marine Policy*, 159, 105936.
- Mason, A. (2024). Military satellite communications: infrastructure developments 2000–2030. In *Research Report*. Analysys Mason. <https://www.analysismason.com/reports/military-satellite-communications-infrastructure-developments-2000-2030>
- Modeong, I., Kalalo, F. P., & Karisoh, F. (2020). Pengamanan Pulau-Pulau Terluar Indonesia Berdasarkan Hukum Internasional dalam Upaya Keutuhan Wilayah Negara Republik Indonesia. *Lex Privatum*, 8(3), 130–141.
- Nurhaliza, F., Putra, Z. H., Hermita, N., & Copriady, J. (2025). Reflexive Thematic Analysis sebagai Strategi Kualitatif dalam Kajian Pendidikan Multikultural. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(3), 5256–5272.
- Office, U. S. G. A. (2024). DOD Satellite Communications: Reporting on Progress Needed to Provide Insight on New Approach. In *Report GAO-25-107034*. U.S. Government Accountability Office. <https://www.gao.gov/products/GAO-25-107034>
- Suherman, A., A Santosa, M., Wijayanto, D., Sunoko, R., & Juwana, S. (2020). *The eradication of IUU fishing in Indonesia for Economic Fisheries*.