ANTHOR
Education and Learning Journal
https://anthor.org/index.php/anthor
Email. anthor.Jurnal@gmail.com
E-ISSN: 2963 –198X P-ISSN: 2963–2498 | Halaman: 1880 - 1894 | Volume 5 Nomor 5 Tahun 2026

Pengawasan Sumber Daya Perikanan Berbasis Teknologi: Menilai Peran Vessel Monitoring System (VMS) dalam Rantai Pengawasan dan Kepatuhan di Laut Natuna Utara

Informasi Naskah

Adipradana[1]
Ivan[2]
Iswati[3]

Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

adipradana@mp.idu.ac.id

Abstrak

Laut Natuna Utara memiliki nilai strategis bagi ekonomi perikanan dan perlindungan hak berdaulat Indonesia. Luasnya wilayah pengawasan, keterbatasan patroli fisik, dan beragamnya sumber informasi menuntut sistem pengawasan yang mengintegrasikan deteksi, verifikasi, dan penegakan hukum. Penelitian ini mengevaluasi peran *Vessel Monitoring System* (VMS) dalam pengawasan perikanan di Laut Natuna Utara serta mengidentifikasi keterbatasan bukti untuk menilai dampaknya terhadap kepatuhan. Penelitian menggunakan studi kasus evaluatif berbasis dokumen dengan analisis deskriptif terhadap data agregat hasil operasi pengawasan 2020–2024, rekapitulasi parsial 2025–2026, laporan gangguan transmiter, dan deteksi kapal berbasis *Automatic Identification System* (AIS). Dokumen sensitif dianonimkan dan dianalisis pada tingkat agregat. Secara nasional, jumlah kapal yang ditangkap karena pelanggaran tercatat sebanyak 88 pada 2020, 169 pada 2021, 97 pada 2022, 269 pada 2023, dan 240 pada 2024. Di WPPNRI 711, jumlahnya berturut-turut mencapai 23, 47, 23, 34, dan 17 kapal. Data tersebut merepresentasikan keluaran operasi pengawasan, bukan ukuran langsung efektivitas VMS atau tingkat ketidakpatuhan seluruh armada. Enam laporan agregat gangguan transmiter pada 2024 hingga awal 2025 mencatat 45–64 kapal per periode pengamatan, tetapi tidak membuktikan bahwa seluruh gangguan disengaja. Hasil analisis menunjukkan bahwa VMS meningkatkan visibilitas pergerakan kapal dan mendukung penentuan sasaran pengawasan. Namun, dampaknya terhadap kepatuhan bergantung pada kontinuitas transmisi, kualitas analisis, validasi lintas sumber, kecepatan respons, dan tindak lanjut hukum. Penelitian ini menawarkan kerangka evaluasi yang membedakan efektivitas teknis, operasional, dan hasil kepatuhan, serta menegaskan perlunya data longitudinal terintegrasi untuk menguji efek jera secara empiris.

Kata Kunci:
Vessel Monitoring System, Kepatuhan Pelaku Usaha Sektor Perikanan, Pengawasan Perikanan, Laut Natuna Utara, Deterrence, WPPNRI 711.

Abstract

The North Natuna Sea is strategically important for fisheries economics and the protection of Indonesia's sovereign rights. Its vast surveillance area, limited physical patrol capacity, and diverse information sources require an integrated monitoring system connecting detection, verification, and law enforcement. This study evaluates the role of the Vessel Monitoring System (VMS) in fisheries surveillance in the North Natuna Sea and identifies the limitations of available evidence in assessing its impact on compliance. The study employs a document-based evaluative case study with descriptive analysis of aggregated surveillance operation data from 2020–2024, partial records from 2025–2026, transmitter malfunction reports, and vessel detection data based on the Automatic Identification System (AIS). Sensitive internal documents were anonymized and analyzed at the aggregate level. National records show that the number of vessels apprehended for violations was 88 in 2020, 169 in 2021, 97 in 2022, 269 in 2023, and 240 in 2024. In Fisheries Management Area of the Republic of Indonesia 711, the corresponding figures were 23, 47, 23, 34, and 17 vessels. These figures represent surveillance operation outputs rather than direct measures of VMS effectiveness or non-compliance across the entire fleet. Six aggregated transmitter malfunction reports from 2024 to early 2025 recorded 45–64 vessels per reporting snapshot, but do not establish that all malfunctions were intentional. The analysis indicates that VMS enhances vessel movement visibility and supports surveillance targeting. However, its impact on compliance depends on transmission continuity, analytical quality, cross-source validation, response speed, and law enforcement follow-up. This study proposes an evaluation framework distinguishing technical effectiveness, operational effectiveness, and compliance outcomes, while highlighting the need for integrated longitudinal data to empirically assess deterrence effects.

***Keyword**:*
Vessel Monitoring System, Fisheries Business Operator Compliance, Fisheries Surveillance, North Natuna Sea, Deterrence, WPPNRI 711.

Information Production:
© 2026 *by the authors of this article. This work is licensed under an Attribution-ShareAlike* 4.0 *International* (CC BY-SA 4.0)

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

PENDAHULUAN

Pengawasan perikanan merupakan bagian penting dari tata kelola sumber daya hayati karena aturan perizinan, daerah penangkapan, alat tangkap, dan kewajiban pelaporan hanya efektif apabila pelaksanaannya dapat dipantau dan ketidakpatuhan ditindaklanjuti. Pedoman *Monitoring, Control and Surveillance* (MCS) menempatkan pemantauan sebagai pengumpulan informasi, pengendalian sebagai penetapan kondisi pemanfaatan, dan pengawasan sebagai observasi untuk memastikan kepatuhan terhadap ketentuan yang berlaku (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* [FAO], 1998; *Flewwelling*, 1994). Dengan demikian, keberhasilan sistem pengawasan tidak dapat dinilai hanya dari keberadaan perangkat atau banyaknya operasi penindakan, melainkan perlu ditautkan dengan perubahan perilaku dan tingkat kepatuhan.

Laut Natuna Utara merupakan kawasan yang penting bagi perikanan tangkap Indonesia dan berkaitan dengan kepentingan ekonomi serta keamanan maritim. Kawasan ini berhubungan dengan WPPNRI 711, tetapi wilayah pengawasan dan catatan administratif nasional tidak selalu identik dengan batas studi Laut Natuna Utara. Karena itu, data operasi yang mencakup seluruh WPPNRI harus dibedakan dari data yang secara spesifik dapat dikaitkan dengan WPPNRI 711. Pembedaan spasial ini penting agar statistik nasional tidak salah ditafsirkan sebagai gambaran langsung kondisi di Natuna.

Patroli kapal pengawas tetap dibutuhkan untuk pemeriksaan fisik, pengamanan barang bukti, tindakan penegakan serta yang terpenting adalah *present at the sea* yang berarti symbol dan aksi nyata keberadaan negara di perairan Indonesia. Namun, patroli fisik memiliki keterbatasan jangkauan dan biaya operasi. VMS menyediakan informasi posisi dan pergerakan kapal bagi yang memasang serta mengoperasikan perangkat, sehingga dapat membantu analisis pola operasi dan penentuan prioritas patroli. FAO (1998) menegaskan bahwa VMS dapat meningkatkan efisiensi MCS, tetapi tidak mencakup kapal yang tidak dilengkapi perangkat dan memerlukan dukungan sistem, prosedur, serta sumber daya manusia agar informasinya berguna.

Di Indonesia, kewajiban dan tata kelola Sistem Pemantauan Kapal Perikanan (SPKP/VMS) diatur, antara lain, melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 23 Tahun 2021 tentang Standar Laik Operasi dan Sistem Pemantauan Kapal Perikanan (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2021). Keberadaan kerangka regulasi dan peningkatan penggunaan teknologi merupakan prasyarat penting, tetapi belum cukup untuk membuktikan bahwa VMS telah menghasilkan kepatuhan yang lebih tinggi. Kinerja sistem harus dilihat dari rangkaian proses: data dikirimkan, anomali terdeteksi, informasi divalidasi, sasaran ditindaklanjuti, dan hasil tindakan memengaruhi perilaku berikutnya.

Penelitian terdahulu menyediakan landasan penting, tetapi fokusnya berbeda-beda. Hartono et al. (2007) mengevaluasi model penerapan VMS di Indonesia melalui analisis kebijakan, SWOT, AHP, dan *game theory*; penelitian itu menyoroti kendala teknologi, infrastruktur, sumber daya manusia, dan penerimaan pelaku usaha. Soemarmi et al. (2020) mengkaji kewajiban VMS dalam perspektif hukum dan administrasi kapal, serta menyarankan perhatian lanjutan terhadap kepatuhan dan sanksi. Muktitama et al. (2023) membandingkan data *logbook* dan pemanfaatan VMS dalam distribusi operasi kapal pukat cincin di Benoa, dengan temuan bahwa kesesuaian catatan dan pemanfaatan data berubah antarperiode. Pada konteks Natuna, Wibowo et al. (2023) membahas tingkat ketaatan kegiatan penangkapan ikan, sementara Situmorang et al. (2022) memanfaatkan data oseanografi untuk mendukung pengawasan dan keamanan maritim. Literatur tersebut menunjukkan bahwa isu VMS, kepatuhan, dan pengawasan Natuna telah dibahas, tetapi dengan unit analisis dan sumber bukti yang tidak sama.

Research gap artikel ini bukan klaim bahwa belum pernah ada penelitian VMS atau kepatuhan di Natuna. Kesenjangan yang lebih spesifik adalah terbatasnya kajian yang secara eksplisit membedakan (a) kinerja teknis VMS, (b) kontribusi informasi VMS pada keputusan operasional pengawasan, dan (c) hasil kepatuhan yang terukur, lalu menempatkan ketiganya dalam satu rantai analitis yang dapat diuji. Rekap penindakan tidak dengan sendirinya menunjukkan bahwa pelanggaran ditemukan oleh VMS, sedangkan laporan AIS tidak dapat diperlakukan sebagai data VMS. Demikian pula, jumlah gangguan transmiter tidak membuktikan bahwa gangguan tersebut disengaja ataupun bahwa kapal yang sama melakukan pelanggaran berulang.

Atas dasar itu, tujuan artikel ini adalah: (1) memetakan bukti administratif yang tersedia tentang keluaran pengawasan dan kontinuitas pemantauan; (2) mengevaluasi bagaimana VMS dapat mendukung deteksi, validasi, intersepsi, dan penegakan hukum; (3) menjelaskan hubungan teoretis antara peningkatan probabilitas deteksi dan kepatuhan; serta (4) merumuskan kebutuhan data dan indikator untuk evaluasi VMS yang lebih kuat pada penelitian lanjutan. Artikel ini mengambil pendekatan evaluatif berbasis dokumen dan tidak mengklaim mengukur efek kausal VMS karena data mentah transmisi per kapal, data tindak lanjut yang terhubung, dan pengukuran kepatuhan longitudinal belum tersedia dalam kumpulan dokumen yang dianalisis.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

VMS dalam sistem Monitoring, Control and Surveillance

VMS adalah instrumen pemantauan berbasis perangkat yang mengirimkan data posisi dan, bergantung pada konfigurasi sistem, informasi gerak kapal kepada pusat pemantauan. Data tersebut dapat digunakan untuk menilai apakah pergerakan kapal konsisten dengan izin, zona operasi, dan pola aktivitas yang diperbolehkan. Dalam kerangka MCS, VMS merupakan sumber informasi yang mendukung pemantauan dan pengawasan, bukan pengganti pemeriksaan fisik atau proses pembuktian hukum (FAO, 1998). Pendekatan terpadu juga sejalan dengan kerangka internasional penanganan *IUU fishing* yang mendorong kombinasi tanggung jawab negara, kerja sama, pengawasan, dan penegakan, bukan ketergantungan pada satu perangkat saja (FAO, 2001).



Gambar 1. Infografis cara kerja Vessel Monitoring System (VMS) dalam pengawasan kapal perikanan.

Dalam konteks operasional Ditjen PSDKP, VMS dipahami sebagai sumber pemantauan awal yang diterima dan dianalisis pada pusat pengendalian. Informasi posisi dan pergerakan kapal membantu menyaring indikasi yang selanjutnya perlu divalidasi dengan data perizinan, sumber informasi lain, dan/atau pemeriksaan lapangan. Infografis berikut digunakan untuk menjelaskan prinsip umum kerja VMS, bukan sebagai bukti empiris hasil penelitian.

Keterbatasan VMS bersifat teknis dan institusional. Dari sisi teknis, manfaat sistem bergantung pada cakupan kapal yang diwajibkan atau dilengkapi perangkat, kualitas perangkat, kontinuitas transmisi, interval pelaporan, dan kemampuan mengelola data yang hilang. Dari sisi institusional, manfaatnya bergantung pada kemampuan analis menafsirkan pola pergerakan, menggabungkan informasi dengan perizinan dan sumber lain, serta menyampaikan informasi yang dapat ditindaklanjuti kepada unit operasi.

Pedoman MCS menekankan bahwa teknologi baru tidak otomatis meningkatkan kinerja apabila prosedur kerja, kompetensi, dan dukungan operasional tidak disesuaikan (FAO, 1998; FAO, 2003). Literatur mengenai *electronic monitoring* (EM), yang umumnya menggunakan sensor aktivitas dan kamera di kapal, juga menunjukkan bahwa teknologi pemantauan paling bermanfaat ketika diintegrasikan dengan program pemantauan yang ada, tetapi penerapannya dipengaruhi biaya, tata kelola, dan penerimaan pengguna (van Helmond et al., 2020). EM bukan sinonim VMS; literatur tersebut digunakan di sini hanya sebagai pembanding mengenai tata kelola pemantauan elektronik.

VMS juga harus dibedakan dari AIS. AIS dirancang terutama untuk keselamatan navigasi dan pertukaran informasi identitas serta pergerakan kapal; cakupan dan kewajiban penggunaannya berbeda dari VMS perikanan. Data AIS dapat berguna untuk mendeteksi keberadaan kapal yang tidak terwakili dalam basis data VMS, termasuk kapal asing, tetapi sinyal AIS bukan bukti tunggal bahwa aktivitas penangkapan ikan sedang berlangsung. Karena itu, artikel ini menggunakan laporan AIS sebagai konteks pengawasan lintas-sumber, bukan sebagai pengganti data VMS.

VMS juga bekerja dalam ekosistem pengawasan yang lebih luas. Integrasi dengan data AIS, radar/satelit, data perizinan, pusat pengendalian, dan sarana patroli dapat memperkaya kesadaran situasional. Integrasi tersebut tidak menghapus perbedaan fungsi, cakupan, dan tingkat pembuktian masing-masing sumber data.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498



Gambar 2. Infografis ekosistem pengawasan maritim terpadu dan sumber data pendukung.

Kepatuhan dan deterrence theory

Kepatuhan adalah kesesuaian perilaku dengan aturan yang berlaku. Dalam konteks kapal perikanan, dimensi yang relevan dapat mencakup kelengkapan dan validitas perizinan, kesesuaian daerah penangkapan, penggunaan alat tangkap yang diizinkan, kepatuhan terhadap kewajiban pelaporan, serta kepatuhan terhadap ketentuan pengoperasian transmiter. Indikator harus disesuaikan dengan data yang benar-benar tersedia dan aturan yang berlaku pada periode observasi; indikator yang tidak berlaku atau tidak dapat diverifikasi tidak boleh otomatis dikodekan sebagai ketidakpatuhan.

Deterrence theory menjelaskan bahwa keputusan melanggar aturan dipengaruhi oleh persepsi mengenai kemungkinan terdeteksi dan konsekuensi yang mengikuti pelanggaran. Becker (1968) memformalkan pilihan pelanggaran sebagai keputusan yang dipengaruhi manfaat dan biaya yang diharapkan. Bukti yang ditinjau Nagin (2013) menunjukkan bahwa kepastian tertangkap umumnya memiliki dukungan lebih konsisten sebagai faktor pencegah dibandingkan sekadar peningkatan beratnya hukuman. Dalam pengawasan perikanan, VMS berpotensi meningkatkan probabilitas deteksi, tetapi efek pencegahannya bergantung pada apakah informasi menghasilkan tindak lanjut yang kredibel dan apakah pelaku usaha mengetahui bahwa pelanggaran dapat dideteksi.

Model deterrence murni tidak sepenuhnya menjelaskan kepatuhan. Sutinen dan Kuperan (1999) menggabungkan insentif ekonomi dengan norma, legitimasi, dan pengaruh sosial. Dalam praktiknya, kepatuhan juga dapat dipengaruhi biaya kepatuhan, pemahaman regulasi, kemudahan memenuhi kewajiban, kualitas pelayanan, persepsi keadilan penegakan, dan kemampuan pelaku usaha. Dengan demikian, VMS paling tepat dipahami sebagai salah satu mekanisme yang dapat mengubah struktur peluang dan risiko, bukan satu-satunya penentu perilaku.

Potensi Sumber Daya Perikanan dan Pengelolaan berbasis WPPNRI

Potensi sumber daya ikan merupakan estimasi ilmiah mengenai kemampuan sumber daya perikanan untuk mendukung pemanfaatan dalam kondisi dan periode tertentu. Angka potensi bukan inventarisasi ikan yang seluruhnya dapat ditangkap, bukan pula ukuran langsung jumlah ikan yang tersedia di satu lokasi pada waktu tertentu. Untuk pengelolaan, potensi perlu dibaca bersama jumlah tangkapan yang diperbolehkan (JTB), tingkat pemanfaatan, status stok, serta prinsip kehati-hatian. Karena estimasi dapat diperbarui seiring perubahan data dan metode, perbandingan antarperiode perlu memastikan kesetaraan definisi, cakupan, dan metode terlebih dahulu (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2017, 2022, 2025).

Dalam tata kelola perikanan Indonesia, Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) merupakan satuan spasial penting untuk perencanaan, pengumpulan data, dan pengelolaan sumber daya. Akan tetapi, batas WPPNRI 711 meliputi Selat Karimata, Laut Natun, dan Laut Natuna Utara; karena itu, statistik WPPNRI 711 tidak boleh dipersempit menjadi statistik Laut Natuna Utara tanpa pemilahan geografis yang dapat diverifikasi. Dalam artikel ini, angka potensi WPPNRI 711 dipakai sebagai konteks skala pengelolaan regional, bukan sebagai estimasi khusus Laut Natuna Utara.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Valuasi Ekonomi dan Potensi Kerugian akibat illegal fishing

Valuasi ekonomi dalam kasus penangkapan ikan ilegal bertujuan memberi perkiraan terukur atas nilai sumber daya atau komponen kerugian yang dikaitkan dengan suatu kasus. Namun, istilah "potensi kerugian negara", "nilai tangkapan", "penerimaan negara yang berpotensi hilang", dan "nilai kerugian yang berhasil diselamatkan" tidak selalu identik. Angka valuasi kasus harus dibaca sesuai definisi, komponen, harga acuan, periode, dan metode yang digunakan oleh instansi sumber. Nilai tersebut juga perlu dibedakan dari nilai ekonomi keseluruhan stok ikan pada suatu WPPNRI.

Sebagai contoh, KKP pada April 2025 melaporkan potensi kerugian negara sebesar Rp152,8 miliar dalam kasus dua kapal ikan berbendera Vietnam yang ditindak di Laut Natuna Utara. Dalam artikel ini, angka tersebut dikutip sebagai nilai yang dilaporkan secara resmi untuk kasus tertentu, bukan sebagai estimasi penulis atas seluruh pencurian ikan di WPPNRI 711. Angka dari kasus berbeda tidak dijumlahkan atau dibandingkan secara langsung apabila komponen dan metode valuasinya belum dipastikan setara. Untuk dokumen internal, komponen perhitungan hanya dapat disajikan secara agregat dan setelah diverifikasi pemilik data; identitas kapal, pemilik, koordinat presisi, dan detail operasional tidak ditampilkan.

Secara analitis, valuasi kasus memberi indikasi mengenai besarnya kepentingan ekonomi yang dipertaruhkan dan dapat membantu menyusun prioritas pengawasan berbasis risiko. Namun, angka valuasi tidak membuktikan bahwa VMS mendeteksi kasus tersebut atau bahwa VMS sendirian mencegah kerugian. Kesimpulan semacam itu memerlukan jejak kasus yang menghubungkan catatan VMS, validasi, keputusan operasi, hasil penindakan, dan dasar perhitungan kerugian.

Penelitian terdahulu dan posisi kebaruan

Budianto et al. (2024) secara khusus menganalisis kebutuhan sistem cerdas untuk pengawasan penangkapan ikan di WPPNRI 711. Kajian tersebut relevan karena menempatkan kebutuhan teknologi pengawasan pada konteks wilayah pengelolaan yang juga menjadi konteks artikel ini. Artikel sekarang melengkapinya dari sisi berbeda: bukan hanya kebutuhan sistem cerdas, melainkan bagaimana keluaran pemantauan VMS diposisikan sebagai informasi awal dalam rantai deteksi, validasi, prioritas operasi, dan tindak lanjut. Perbedaan fokus ini tidak berarti bahwa penelitian Budianto et al. menguji efektivitas VMS secara kausal; kesimpulan setiap studi dibatasi oleh pertanyaan dan data yang digunakan.

Kajian Kementerian Kelautan dan Perikanan (2017) mengenai potensi dan tingkat pemanfaatan sumber daya ikan WPPNRI berdasarkan estimasi 2015 menyediakan pijakan untuk memahami angka potensi sebagai dasar pengelolaan, bukan sebagai volume yang seluruhnya dapat ditangkap. Sementara itu, laporan resmi KKP mengenai kasus dua kapal Vietnam pada April 2025 menyediakan contoh valuasi kerugian yang dikaitkan dengan satu peristiwa penindakan. Sumber pertama membahas skala sumber daya regional, sedangkan sumber kedua adalah valuasi kasus; keduanya memiliki unit analisis berbeda dan tidak boleh digabungkan menjadi satu ukuran.

Tabel 1. Tabel Analisis Kesenjangan Penelitian

Penelitian	Fokus dan pendekatan	Kontribusi	Kesenjangan terhadap artikel ini
Hartono et al. (2007)	Evaluasi kebijakan/model VMS Indonesia; SWOT, AHP, game theory dan masukan pakar.	Menunjukkan pentingnya teknologi, infrastruktur, SDM, biaya dan penerimaan pelaku usaha.	Belum menguji rantai deteksi–validasi–penegakan–kepatuhan dengan data administratif lintas periode yang dianalisis di sini.
Soemarmi et al. (2020)	Kajian normatif-yuridis mengenai kewajiban VMS bagi kapal perikanan.	Menjelaskan peran VMS sebagai kewajiban dan instrumen pengawasan administratif.	Fokus utama pada kewajiban hukum, bukan evaluasi operasional VMS dan perubahan kepatuhan yang terukur.
Muktitama et al. (2023)	Kesesuaian logbook dan penggunaan VMS untuk distribusi operasi kapal pukat cincin di Benoa, 2019–2021.	Memperlihatkan nilai analisis spasio-temporal dan perlunya menguji kesesuaian data.	Konteks pelabuhan/armada berbeda; tidak menghubungkan secara langsung VMS dengan hasil penegakan di Natuna.
Situmorang et al. (2022)	Penggunaan data oseanografi untuk mendukung pengawasan IUU fishing dan keamanan maritim di Natuna.	Mengembangkan pendekatan pengawasan berbasis data lingkungan dan keamanan maritim.	Tidak berfokus pada kinerja teknis VMS atau keterhubungan antara sinyal VMS dan tindak lanjut penegakan.
Wibowo et al. (2023)	Analisis tingkat ketaatan kegiatan penangkapan ikan di Laut Natuna.	Memberi konteks langsung mengenai persoalan kepatuhan di Natuna.	Artikel ini memperluas fokus pada kualitas rantai informasi pengawasan dan batas inferensi data administratif.

Sumber: disusun penulis berdasarkan Hartono et al. (2007), Soemarmi et al. (2020), Muktitama et al. (2023), Situmorang et al. (2022), dan Wibowo et al. (2023).

Dari perbandingan tersebut, kebaruan artikel ini bersifat integratif dan metodologis. Pertama, artikel membedakan tiga tingkat hasil yakni: teknis, operasional, dan kepatuhan. Hal yang sering tercampur ketika

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

jumlah kapal yang terdeteksi atau ditindak dijadikan ukuran tunggal keberhasilan. Kedua, artikel membedakan secara eksplisit sumber VMS, AIS, laporan indikasi, dan rekap penindakan. Ketiga, artikel menggunakan catatan administratif yang tersedia untuk memperlihatkan apa yang dapat dan tidak dapat disimpulkan, kemudian merumuskan desain evaluasi longitudinal yang dapat diuji pada penelitian berikutnya. Klaim kebaruan ini dibatasi pada sintesis dan kerangka evaluasi tersebut, bukan klaim bahwa teknologi VMS sebelumnya belum pernah dikaji.

Kerangka konseptual

Kerangka analisis disusun sebagai berikut: kualitas data VMS → deteksi indikasi → validasi dengan perizinan dan sumber data lain → penentuan prioritas operasi → intersepsi/pemeriksaan atau tindakan administratif → perubahan risiko yang dipersepsikan → kepatuhan. Hubungan ini dapat dipengaruhi faktor antara lain karakteristik kapal, alat tangkap, lokasi operasi, intensitas patroli, musim, ketersediaan kapal pengawas, kualitas penegakan, serta insentif ekonomi.

Secara visual, kerangka konseptual penelitian menempatkan VMS sebagai fokus utama dalam sistem pengawasan terpadu, lalu menelusuri alur deteksi, validasi, intersepsi/penegakan, risiko yang dipersepsikan, efek pencegahan, dan kepatuhan. Hubungan pada bagian hilir diperlakukan sebagai hubungan konseptual yang perlu diuji, bukan sebagai dampak kausal yang telah dibuktikan oleh data penelitian ini.



Gambar 3. Kerangka konseptual penelitian pengawasan perikanan berbasis teknologi di Laut Natuna Utara.

Tabel 2. Tabel Analisis Efektivitas VMS

Dimensi	Indikator yang disarankan	Bukti yang diperlukan	Makna evaluatif
Efektivitas teknis	Proporsi waktu transmisi tersedia; keterlambatan; durasi gap; jumlah kapal wajib yang aktif.	Log mentah VMS, daftar kapal wajib, interval transmisi yang ditetapkan.	Menilai reliabilitas dan cakupan pemantauan.
Efektivitas analitis	Jumlah anomali teridentifikasi dan proporsi yang tervalidasi.	Log alert, hasil pemeriksaan analis, data izin dan wilayah.	Menilai kemampuan mengubah data menjadi informasi yang dapat dipercaya.
Efektivitas operasional	Waktu dari alert ke validasi dan tindakan; proporsi alert yang ditindaklanjuti.	Cap waktu sistem, catatan operasi, laporan pemeriksaan.	Menilai integrasi pusat pemantauan dan unit lapangan.
Hasil penegakan	Kasus terkonfirmasi, jenis tindakan, penyelesaian perkara, pengulangan pelanggaran.	Berkas perkara yang terhubung dengan alert dan kapal anonim.	Menilai keluaran penegakan tanpa menyamakan indikasi dengan pelanggaran terbukti.
Kepatuhan/deterrence	Perubahan pelanggaran terkonfirmasi per kapal/periode; transmisi setelah tindakan; pengulangan.	Panel kapal-periode, kelompok pembanding atau rancangan kuasi-eksperimental.	Menguji apakah peningkatan deteksi dan tindak lanjut berkaitan dengan perubahan perilaku.

Sumber: kerangka indikator disusun penulis berdasarkan FAO (1998, 2003), Nagin (2013), serta Sutinen dan Kuperan (1999).

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

METODE PENELITIAN

Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan studi kasus evaluatif berbasis dokumen dengan pendekatan deskriptif kuantitatif dan analisis isi kualitatif terhadap dokumen administratif. Desain ini dipilih karena sumber yang tersedia terutama berupa rekapitulasi operasi pengawasan, laporan indikasi, laporan gangguan transmiter, dan laporan deteksi AIS. Desain ini tidak disebut sebagai *explanatory sequential mixed methods* dalam arti penuh karena kumpulan dokumen yang dianalisis belum mencakup data mentah VMS per kapal-periode dan transkrip wawancara yang memungkinkan integrasi kuantitatif-kualitatif secara langsung.

Unit analisis dalam tahap deskriptif adalah catatan agregat operasi pengawasan per tahun dan per WPPNRI serta snapshot laporan *transmiter-off*. Unit analisis pada tahap interpretasi adalah proses pengawasan yang direpresentasikan oleh dokumen: dari sinyal atau indikasi awal sampai validasi dan tindakan. Karena tidak semua dokumen mengandung rangkaian lengkap, analisis menilai keterhubungan bukti, bukan menghitung efektivitas kausal.

Sumber dan batas periode data

Sumber data utama penelitian adalah informasi hasil pemantauan VMS atas kapal perikanan yang perangkatnya terpasang dan dipantau pada Pusat Pengendalian Ditjen PSDKP. Dalam alur pengawasan, informasi VMS digunakan sebagai acuan awal untuk membaca posisi dan pergerakan kapal serta menyaring indikasi potensi pelanggaran sejak kapal melaut sampai kembali dan sandar di pelabuhan pangkalan. Dokumen yang diserahkan untuk penelitian ini juga mencakup rekap administrasi kapal hasil operasi, lembar valuasi hasil tangkapan, laporan gangguan transmiter, serta laporan deteksi berbasis AIS. Dokumen-dokumen pendukung tersebut tidak otomatis dianggap sebagai log mentah VMS: masing-masing digunakan sesuai fungsi dan asal datanya, dan laporan AIS tetap dibedakan dari VMS. Rekap tahun 2022 yang diperbarui pada akhir Desember digunakan untuk tabel tahunan; rekap Juni 2022 tidak digabungkan dengan versi pembaruan tanpa dasar yang jelas.

Beberapa berkas memiliki nama periode masa depan (misalnya periode 2027 s.d 2031) dan/atau cakupan geografis yang tidak sesuai dengan fokus Laut Natuna Utara. Berkas tersebut tidak digunakan untuk menyusun tren empiris periode penelitian. Laporan AIS tentang kapal asing dan laporan kapal nonperikanan juga diperlakukan sebagai konteks sistem pengawasan lintas-sumber, bukan sebagai data langsung kepatuhan kapal perikanan Indonesia yang dipantau VMS.

Prosedur pengolahan dan analisis

Pertama, dilakukan inventarisasi berkas berdasarkan asal data, periode, cakupan geografis, dan kelengkapan. Kedua, informasi hasil pemantauan VMS diposisikan sebagai sumber awal identifikasi pola pergerakan dan indikasi potensi pelanggaran. Ketiga, dokumen administratif dan hasil operasi ditelaah sebagai catatan pendukung untuk menilai apakah indikasi memperoleh validasi atau tindak lanjut, tanpa mengasumsikan hubungan satu-ke-satu jika tautan antarcatatan tidak tersedia. Keempat, laporan gangguan transmiter dianalisis sebagai isu kontinuitas pemantauan; status transmiter-off tidak langsung ditafsirkan sebagai tindakan disengaja. Kelima, laporan AIS dianalisis terpisah sebagai sumber lintas-sistem, bukan sebagai data VMS.

Analisis kuantitatif bersifat deskriptif: frekuensi catatan kapal hasil operasi dan distribusi WPPNRI 711. Tidak dihitung tingkat pelanggaran per 1.000 kapal, indeks kepatuhan, atau efek VMS karena denominator berupa populasi kapal aktif dan data mentah transmisi yang konsisten tidak tersedia. Analisis kualitatif dilakukan dengan mengelompokkan bukti berdasarkan tahapan deteksi, validasi, intersepsi/penegakan, dan kemungkinan efek pencegahan. Setiap klaim ditandai menurut jenis buktinya: catatan administratif langsung, interpretasi analitis, atau kebutuhan data lanjutan.

Validitas, etika, dan perlindungan informasi

Validitas deskriptif dijaga melalui pemeriksaan konsistensi jumlah total, periode pembaruan, dan cakupan wilayah. Rekap yang memiliki pembaruan berbeda tidak digabungkan tanpa alasan yang jelas. Data kapal hasil penindakan tidak diperlakukan sebagai sampel acak dari seluruh armada, sehingga hasilnya tidak digunakan untuk memperkirakan prevalensi pelanggaran. Validitas interpretasi dijaga dengan membedakan dugaan, indikasi, hasil validasi, dan pelanggaran yang telah terbukti.

Sejumlah dokumen internal diberi penandaan kerahasiaan tinggi. Untuk menjaga keamanan dan kerahasiaan, naskah ini tidak memuat nama kapal, nama pemilik, alamat, ID transmiter, koordinat presisi, atau detail operasional individual. Sebelum publikasi, penulis telah memastikan kewenangan penggunaan data, persetujuan instansi pemilik data, serta kesesuaian dengan aturan klasifikasi dan pengamanan informasi.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi kapal hasil operasi pengawasan

Rekap administrasi kapal hasil operasi pengawasan memperlihatkan variasi jumlah catatan antarperiode. Ringkasan nasional dan catatan pada WPPNRI 711 disajikan pada Tabel 2. Angka bersumber dari file rekap masing-masing tahun; pembaruan data berbeda dan tidak semua tahun memiliki kelengkapan yang setara.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Operasi Pengawasan Ditjen PSDKP tahun 2020 – 2026

Tahun/periode sumber	Kapal hasil operasi (nasional)	Catatan WPPNRI 711	Status data
2020	88	23	Rekap tahun 2020; sumber nasional.
2021	169	47	Rekap diperbarui 5 Januari 2022.
2022	97	23	Menggunakan rekap akhir tahun, diperbarui 31 Desember 2022.
2023	269	34	Rekap diperbarui 20 Desember 2023.
2024	240	17	Rekap diperbarui 17 Desember 2024.
2025	Tidak dibandingkan	Tidak digunakan untuk tren tahunan	Berkas yang tersedia merupakan *cut off* hingga 19 Mei 2025.
2026	120	Tidak digunakan untuk tren tahunan	*Cut off* hingga 14 September 2026; bukan tahun penuh.

Sumber: diolah penulis dari rekapitulasi administratif kapal hasil operasi pengawasan Ditjen PSDKP tahun 2020 s.d 2024. Angka merupakan catatan operasi dan tidak mengidentifikasi sumber pemicu setiap penindakan.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa catatan operasi nasional naik dari 88 pada 2020 menjadi 169 pada 2021, mencapai 269 pada 2023, lalu tercatat 240 pada 2024. Jumlah catatan pada WPPNRI 711 juga bervariasi, dari 23 pada 2020 menjadi 47 pada 2021, 23 pada 2022, 34 pada 2023, dan 17 pada 2024. Perubahan ini tidak dapat langsung diartikan sebagai peningkatan atau penurunan tingkat pelanggaran maupun sebagai dampak VMS. Jumlah operasi/penindakan dapat dipengaruhi intensitas patroli, prioritas operasi, musim, sumber informasi, kapasitas armada, perubahan administrasi, dan kelengkapan pencatatan.

Secara kumulatif, catatan WPPNRI 711 untuk lima tahun penuh yang dipakai di atas berjumlah 144. Angka tersebut adalah agregat catatan kapal hasil operasi yang tercantum dalam rekap, bukan ukuran jumlah seluruh kapal yang beroperasi di WPPNRI 711, bukan jumlah pelanggaran yang ditemukan melalui VMS, dan bukan estimasi prevalensi ketidakpatuhan. Data ini berguna untuk menunjukkan bahwa WPPNRI 711 tercakup dalam aktivitas penegakan nasional, tetapi tidak cukup untuk menyimpulkan bahwa VMS menyebabkan perubahan jumlah penindakan.

Kategori pelanggaran pada rekap 2024

Rekap tahun 2024 juga mengelompokkan kapal hasil operasi menurut kategori yang dicatat administrasi. Kategori terbesar adalah tanpa dokumen (86 catatan; sekitar 36,3% dari 237 catatan kategori), diikuti pelanggaran daerah penangkapan ikan/DPI (73; sekitar 30,8%), kapal ikan asing (27; sekitar 11,4%), dan pelanggaran batas 12 mil laut (22; sekitar 9,3%). Kategori lainnya meliputi dokumen kedaluwarsa, *transshipment, destructive fishing*, PKKPRL, dan kategori lain yang mencakup beberapa bentuk dugaan pelanggaran.

Tabel 4. Rekapitulasi Kategori Kapal Hasil Operasi Pengawasan tahun 2024

Kategori pada rekap 2024	Jumlah	Proporsi dari 237 catatan kategori
Tanpa dokumen	86	36,3%
Pelanggaran daerah penangkapan ikan (DPI)	73	30,8%
Kapal ikan asing	27	11,4%
Pelanggaran 12 mil laut	22	9,3%
Dokumen kedaluwarsa	9	3,8%
Destructive fishing	8	3,4%
Transshipment	7	3,0%
PKKPRL	3	1,3%
Lain-lain, termasuk mematikan transmiter	2	0,8%
Total kategori	237	100,0%

Sumber: diolah penulis dari rekapitulasi kategori kapal hasil operasi pengawasan tahun 2024 (pembaruan 17 Desember 2024).

Kategori tersebut menggambarkan komposisi catatan kapal hasil operasi pengawasan tahun 2024, bukan komposisi pelanggaran yang ditemukan oleh VMS. Sebagian kategori memerlukan pemeriksaan dokumen atau bukti lapangan, sedangkan keberadaan kategori “mematikan transmiter” pada rekap tidak memberikan rincian

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

cukup untuk menentukan apakah kasus tersebut terdeteksi melalui VMS, bagaimana proses validasinya, atau apakah gangguan transmisi terjadi secara sengaja.

Laporan gangguan transmiter dan keterbatasan kontinuitas pemantauan

Enam laporan agregat *transmitter-off* yang ditelaah mencakup snapshot pada Februari, Maret, Mei, dan Juli 2024 serta Januari 2025. Jumlah kapal dalam snapshot tersebut berkisar antara 45 dan 64. Beberapa snapshot terjadi berdekatan, sehingga kapal yang sama mungkin muncul lebih dari satu kali. Oleh sebab itu, rentang tersebut tidak dijumlahkan dan tidak ditafsirkan sebagai jumlah kapal unik selama periode tersebut.

Tabel 5. Rekapitulasi Laporan Agregat *Transmitter-off Internal*

Periode snapshot laporan	Jumlah kapal pada snapshot	Catatan interpretasi
23–24 Februari 2024	45	Snapshot administratif; identitas tidak ditampilkan.
16–17 Maret 2024	48	Snapshot administratif; berdekatan dengan laporan berikut.
17–18 Maret 2024	49	Kemungkinan tumpang tindih dengan snapshot sebelumnya.
19–20 Mei 2024	64	Snapshot administratif; bukan jumlah kasus terkonfirmasi.
28–29 Juli 2024	53	Snapshot administratif; duplikasi antarperiode belum diuji.
6–7 Januari 2025	56	Snapshot administratif; bukan jumlah kapal unik.

Sumber: diolah penulis dari laporan agregat transmitter-off internal pada periode yang disebutkan; identitas dan rincian operasional tidak ditampilkan.

Laporan tersebut mengindikasikan bahwa kontinuitas transmisi merupakan persoalan yang relevan untuk evaluasi teknis. Namun, status *transmitter-off* sendiri belum membuktikan penyebab gangguan. Gangguan dapat terkait kerusakan perangkat, persoalan komunikasi, perawatan, kepatuhan prosedural, atau tindakan disengaja. Penentuan penyebab memerlukan log teknis, riwayat komunikasi, hasil klarifikasi, dan hasil pemeriksaan yang dapat ditautkan pada kapal anonim serta waktu kejadian.

Laporan deteksi berbasis AIS sebagai bukti lintas-sumber

Tiga laporan deteksi kapal asing berbasis AIS pada Mei s.d Juni 2025 mencatat satu, enam, dan delapan kapal yang diindikasikan berada atau beraktivitas di wilayah yang dipantau, dengan laporan yang mencakup Laut Natuna/area klaim tumpang tindih dan Selat Malaka. Laporan-laporan ini menunjukkan fungsi data AIS sebagai sumber informasi eksternal untuk pemantauan kapal yang tidak selalu tercakup dalam basis data VMS nasional. Akan tetapi, lokasi dan dugaan aktivitas dalam laporan AIS harus divalidasi dengan sumber lain sebelum dipakai sebagai dasar kesimpulan mengenai pelanggaran.

Bukti AIS tersebut tidak dapat digunakan sebagai ukuran langsung efektivitas VMS terhadap kepatuhan kapal perikanan Indonesia. Populasi kapal, fungsi perangkat, dan kondisi kewajiban pelaporannya berbeda. Secara metodologis, nilai data AIS di sini terletak pada ilustrasi kebutuhan integrasi sumber informasi, bukan pada penggabungan jumlah kapal AIS dengan angka VMS atau kapal hasil operasi.

Tabel 6. Ringkasan temuan berdasarkan rantai pengawasan

Tahap rantai pengawasan	Temuan dari dokumen	Status kesimpulan
Deteksi	Tersedia laporan indikasi dari transmitter-off dan deteksi kapal berbasis AIS.	Menunjukkan adanya mekanisme pemantauan; belum mengukur sensitivitas/akurasi deteksi VMS.
Validasi	Sebagian laporan mencantumkan indikasi dan kebutuhan tindak lanjut; tidak tersedia tautan lengkap untuk seluruh kasus.	Belum dapat dihitung proporsi indikasi yang tervalidasi.
Intersepsi/penegakan	Tersedia rekap kapal hasil operasi nasional dan WPPNRI 711.	Menggambarkan keluaran operasi, tetapi sumber pemicu tiap penindakan tidak terhubung secara lengkap dengan VMS.
Deterrence	Tidak tersedia data longitudinal yang menghubungkan paparan deteksi/tindakan dengan perilaku kapal yang sama sesudahnya.	Efek pencegahan belum dapat diuji secara empiris.
Kepatuhan	Tersedia sejumlah kategori administratif pelanggaran, tetapi denominator armada dan panel kapal-periode tidak tersedia.	Indeks kepatuhan atau tingkat pelanggaran populasi belum dapat dihitung.

Sumber: analisis penulis atas dokumen pengawasan yang tersedia; status indikasi, validasi, dan penindakan dibedakan.

Potensi Sumber Daya Ikan di WPPNRI 711

WPPNRI 711 mencakup perairan Selat Karimata, Laut Natuna, dan Laut Natuna Utara; karena itu, angka WPP 711 tidak identik dengan potensi Laut Natuna Utara semata. Berdasarkan pembaruan estimasi potensi sumber daya ikan yang dirujuk KKP dalam dokumen perencanaan 2025 s.d 2029, potensi WPPNRI 711 tercatat sekitar 1.306.379 ton per tahun, dengan jumlah tangkapan yang diperbolehkan (JTB) sekitar 911.534 ton per

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

tahun. Angka ini memberi konteks skala sumber daya yang perlu dikelola, tetapi tidak dapat dibaca sebagai volume ikan yang tersedia untuk diambil seluruhnya atau sebagai estimasi stok khusus di Laut Natuna Utara.

Interpretasi angka tersebut perlu mengikuti unit spasial dan jenis indikatornya: potensi 1.306.379 ton/tahun dan JTB 911.534 ton/tahun merujuk pada WPPNRI 711 secara keseluruhan menurut dokumen perencanaan KKP yang dirujuk, bukan Laut Natuna Utara saja. Keduanya merupakan indikator pengelolaan sumber daya dan tidak mengukur besarnya pencurian ikan.

Untuk konteks historis, estimasi berdasarkan Kepmen KP No. 50/KEPMEN-KP/2017 mencatat potensi WPPNRI 711 sebesar 767.126 ton/tahun. Perbedaan dengan angka pembaruan tidak dengan sendirinya menunjukkan pertumbuhan stok, karena metode, cakupan kajian, dan pembaruan estimasi dapat berbeda. Oleh sebab itu, artikel ini menggunakan angka yang lebih baru sebagai konteks kebijakan dan tidak membandingkan kedua angka sebagai tren biologis.

Indikasi nilai ekonomi dan potensi kerugian negara

Potensi kerugian akibat penangkapan ikan ilegal perlu dibedakan dari nilai ekonomi seluruh stok ikan. Pemberitaan mengenai penindakan kapal ikan asing di Laut Natuna Utara melaporkan nilai yang dihitung atau dikomunikasikan oleh Ditjen PSDKP sebagai potensi kerugian negara yang berhasil diselamatkan. Pada Agustus 2024, KKP menyebut satu kapal ikan Vietnam yang ditangkap di Natuna Utara menimbulkan estimasi kerugian sekitar Rp100 miliar. Pada April 2025, dua kapal ikan Vietnam yang ditangkap dan dibawa ke Pangkalan PSDKP Batam dikaitkan dengan potensi kerugian negara Rp152,8 miliar. Angka-angka tersebut merupakan valuasi kasus yang diberitakan, bukan kerugian yang telah diputuskan pengadilan, dan tidak boleh dijumlahkan tanpa memastikan perbedaan kasus serta metode perhitungan.

Angka Rp152,8 miliar pada kasus April 2025 digunakan sebagai contoh valuasi kasus yang diumumkan KKP. Naskah tidak menganggapnya sebagai kerugian aktual yang telah ditetapkan melalui putusan pengadilan, tidak menggeneralisasikannya ke seluruh WPPNRI 711, dan tidak menyatakan bahwa kasus tersebut terdeteksi oleh VMS kecuali tersedia catatan kasus yang secara eksplisit menghubungkan sumber deteksi itu.

Angka dari pemberitaan eksternal dipertahankan sebagai angka yang dilaporkan media atau pejabat, sedangkan estimasi dari lembar kerja internal dihitung berdasarkan komponen dalam dokumen Ditjen PSDKP. Kedua sumber tidak digabungkan atau dibandingkan langsung apabila cakupan kasus, periode, atau metode penghitungan tidak setara.

Tabel 7. Data berita peristiwa

Peristiwa yang diberitakan	Angka yang dilaporkan	Cara membaca angka
Penangkapan 1 KIA Vietnam, Agustus 2024	Sekitar Rp100 miliar	Estimasi kerugian dalam pernyataan pejabat; satu kasus
Penangkapan 2 KIA Vietnam, April 2025	Rp152,8 miliar	Potensi kerugian yang disebut KKP untuk dua kapal
Rekap operasi Pengawasan di Kepri/Laut Natuna Utara, 2020 s.d 2025	Rp2,1 triliun; 147 kapal (85 kapal Indonesia, 62 KIA)	Agregat lintas kasus dan jenis kapal; tidak setara dengan kerugian KIA saja

Sumber: ANTARA (21 Agustus 2024; 20 Juni 2025) dan siaran pers KKP (18 April 2025). Angka merupakan laporan publik yang dinyatakan sebagai estimasi/potensi kerugian atau nilai yang diselamatkan; bukan hasil estimasi ulang oleh penulis.

Lampiran valuasi tangkapan yang disediakan penulis memperlihatkan bahwa estimasi administratif dapat dibangun dari beberapa komponen, antara lain estimasi berat tangkapan (Np), harga acuan, dan komponen biaya/kerugian yang diselamatkan yang dijumlahkan pada kolom nilai total. Namun, lembar kerja tersebut memuat kasus dari berbagai WPPNRI dan memuat informasi operasional sensitif. Oleh karena itu, nilainya tidak digunakan untuk menyimpulkan kerugian khusus Laut Natuna Utara sebelum baris kasus disaring berdasarkan WPPNRI 711, periode, status kebangsaan, dan dasar penghitungan; identitas kapal serta koordinat tidak dipublikasikan.

Secara konseptual, valuasi untuk kasus terverifikasi dapat dinyatakan sebagai V_total = V_tangkapan + V_penerimaan/PNBP yang relevan + V_komponen biaya atau kerugian lain yang secara eksplisit diakui dalam metode resmi. Setiap komponen harus didefinisikan sesuai pedoman resmi Ditjen PSDKP, menghindari penghitungan ganda, dan dilengkapi parameter serta tahun harga. Nilai tangkapan saja tidak otomatis sama dengan kerugian negara; kerugian juga tidak boleh diturunkan hanya dari jumlah kapal yang terdeteksi VMS. Karena formula dalam lembar kerja menggabungkan beberapa komponen valuasi, naskah ini memperlakukannya sebagai kerangka kerja penghitungan administratif yang perlu diverifikasi oleh pemilik data, bukan sebagai formula hukum universal.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Tabel 8. Tabel indikator WPPNRI 711

Indikator WPPNRI 711	Estimasi	Makna untuk penelitian
Potensi sumber daya ikan	1.306.379 ton/tahun	Estimasi potensi pada cakupan WPPNRI 711
Jumlah tangkapan yang diperbolehkan (JTB)	911.534 ton/tahun	Batas acuan pengelolaan; bukan ukuran kerugian akibat illegal fishing
Selisih potensi dan JTB	394.845 ton/tahun	Tidak boleh otomatis ditafsirkan sebagai stok bebas tangkap atau kerugian negara namun selisih tersebut merupakan jumlah stok yang tidak diperbolehkan untuk ditangkap guna keberlanjutan ekosistem sumber daya hayati

Sumber: Kementerian Kelautan dan Perikanan, dokumen Rencana Strategis KKP 2025 s.d 2029 yang mengutip data estimasi potensi SDI/JTB KKP (2022). Angka mencakup seluruh WPPNRI 711, bukan hanya perairan Laut Natuna Utara.

VMS sebagai pengganda kapasitas pengawasan, bukan pengganti patrol

Temuan dokumen mendukung pemahaman bahwa pengawasan perikanan perlu memadukan pemantauan elektronik dengan kemampuan pemeriksaan dan penegakan. VMS dapat mengurangi ketidakpastian mengenai posisi kapal yang terpasang perangkat dan membantu menyusun prioritas operasi. Namun, perangkat tidak memeriksa dokumen secara fisik, tidak memastikan jenis kegiatan hanya dari posisi, dan tidak menggantikan kewenangan petugas untuk melakukan pemeriksaan serta mengumpulkan bukti. Hal ini konsisten dengan pedoman FAO (1998) yang menempatkan VMS sebagai alat bantu MCS dan menekankan perlunya integrasi dengan platform serta prosedur lain.

Data operasi pada WPPNRI 711 menunjukkan bahwa kegiatan penindakan tercatat berlangsung sepanjang 2020 s.d 2024, tetapi tidak menyediakan hubungan satu-ke-satu antara alert VMS dan tindakan lapangan. Karena itu, angka penindakan tidak boleh digunakan sebagai indikator tunggal efektivitas teknologi. Peningkatan penindakan dapat mencerminkan deteksi yang lebih baik, tetapi juga dapat mencerminkan meningkatnya pelanggaran, perubahan prioritas patroli, atau peningkatan pencatatan. Sebaliknya, penurunan jumlah penindakan tidak otomatis berarti kepatuhan membaik, karena bisa terjadi akibat berkurangnya operasi atau perubahan cakupan.

Implikasi praktisnya adalah pengelola perlu mengukur kontribusi VMS pada setiap tahap proses, bukan hanya keluaran akhir. Indikator yang lebih bermakna meliputi persentase alert yang divalidasi, waktu dari alert sampai validasi, waktu dari validasi sampai penugasan, persentase alert yang menghasilkan pemeriksaan, dan proporsi pemeriksaan yang menemukan pelanggaran terkonfirmasi. Data tersebut memungkinkan penilaian apakah teknologi benar-benar memperbaiki alokasi sumber daya.

Gangguan transmisi sebagai masalah reliabilitas dan tata Kelola

Snapshot transmitter-off memperlihatkan bahwa sistem pemantauan perlu dievaluasi tidak hanya dari jumlah perangkat yang terpasang, tetapi juga dari ketersediaan data dan prosedur penanganan ketika data berhenti diterima. Meski demikian, laporan transmitter-off tidak boleh secara otomatis dikategorikan sebagai pelanggaran yang disengaja. Evaluasi yang adil perlu membedakan gangguan teknis, kondisi komunikasi, kewajiban pelaporan, keterlambatan perbaikan, dan tindakan yang terbukti disengaja setelah pemeriksaan.

Dari sudut kebijakan, tindak lanjut gangguan perlu memiliki prosedur bertingkat: notifikasi awal, pemeriksaan status perangkat dan jaringan, permintaan klarifikasi, pemeriksaan riwayat transmisi, verifikasi saat kapal di pelabuhan atau di laut jika diperlukan, dan penetapan status kasus berdasarkan bukti. Pengelola juga perlu mendokumentasikan waktu setiap tahap. Tanpa cap waktu yang konsisten, organisasi tidak dapat mengukur durasi gangguan, kecepatan respons, atau kualitas layanan.

Kerangka ini selaras dengan kajian Hartono et al. (2007), yang sejak awal menempatkan kapasitas teknologi, infrastruktur pendukung, sumber daya manusia, biaya, dan penerimaan pelaku usaha sebagai faktor penting implementasi VMS. Perbedaannya, artikel ini menempatkan masalah tersebut dalam alur pengawasan operasional dan menekankan kebutuhan untuk menghubungkan catatan teknis dengan hasil validasi dan penegakan.

Integrasi VMS dan AIS: manfaat serta batas interpretasi

Penggunaan AIS dalam laporan deteksi kapal asing memperlihatkan bahwa sistem pengawasan dapat memperoleh informasi dari berbagai sumber. Integrasi tersebut berpotensi memperluas kesadaran situasional, terutama untuk kapal yang tidak muncul dalam basis data VMS. Namun, integrasi tidak berarti menyamakan data. Setiap sumber memiliki tujuan, cakupan, kualitas, dan batasan yang berbeda. Studi tentang aktivitas perikanan berbasis AIS menegaskan manfaat data untuk pemetaan, sekaligus perlunya kehati-hatian terhadap keterwakilan dan interpretasi aktivitas (Kroodsma et al., 2018; Taconet et al., 2019). AIS dapat dimatikan atau

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

tidak tersedia, sedangkan VMS perikanan memiliki kerangka kewajiban yang berbeda. Ketiadaan sinyal dari satu sistem tidak dengan sendirinya membuktikan aktivitas ilegal.

Praktik yang disarankan adalah menyimpan asal-usul setiap observasi (data lineage), cap waktu, tingkat keyakinan, status validasi, dan dasar tindakan. Analis perlu memisahkan "sinyal terdeteksi", "indikasi", "indikasi tervalidasi", "pelanggaran terkonfirmasi", dan "kasus selesai". Pembedaan status ini membantu menghindari bias konfirmasi, menjaga kualitas bukti, serta meningkatkan akuntabilitas saat informasi digunakan dalam proses penegakan.

Menilai kepatuhan: mengapa denominator dan data longitudinal penting

Rekap kapal hasil operasi adalah data yang berasal dari proses seleksi pengawasan. Kapal yang tercatat adalah kapal yang terdeteksi, diperiksa, atau ditindak oleh operasi tertentu; data ini tidak mencakup seluruh kapal yang beroperasi dan tidak memberikan peluang yang sama bagi setiap kapal untuk terpantau. Karena itu, jumlah kapal hasil operasi tidak dapat diperlakukan sebagai tingkat ketidakpatuhan populasi. Untuk menghitung tingkat ketidakpatuhan diperlukan denominator yang konsisten, misalnya jumlah kapal aktif yang memenuhi kriteria di wilayah dan periode yang sama, serta definisi pelanggaran yang telah diverifikasi.

Indeks kepatuhan komposit juga hanya layak dibuat apabila indikator dan data tersedia secara konsisten. Contohnya, indeks dapat mencakup status izin, kepatuhan daerah penangkapan, kesesuaian alat tangkap, kewajiban transmisi, dan pelaporan. Namun, indikator yang tidak relevan untuk kapal tertentu harus dikeluarkan dari penyebut, bukan diberi nilai nol. Bobot indikator perlu ditetapkan secara transparan dan diuji sensitivitasnya. Apabila data yang dibutuhkan belum tersedia, lebih tepat melaporkan indikator secara terpisah daripada menyusun indeks yang memberi kesan presisi semu.

Untuk menguji perubahan kepatuhan, unit analisis yang paling berguna adalah kapal anonim-periode. Setiap catatan menghubungkan status VMS, frekuensi dan durasi gap transmisi, alert, hasil validasi, tindakan, jenis pelanggaran terkonfirmasi, serta perilaku setelah tindakan. Data panel semacam ini memungkinkan analisis apakah kapal yang mengalami peningkatan paparan pengawasan menunjukkan penurunan pelanggaran berikutnya. Meski demikian, hubungan tersebut tetap perlu mengendalikan perbedaan karakteristik kapal, intensitas patroli, perubahan regulasi, dan faktor musim.

Deterrence dan keterbatasan klaim kausal

Menurut deterrence theory, meningkatnya probabilitas terdeteksi dapat mengurangi insentif melakukan pelanggaran apabila pelaku percaya bahwa deteksi berpotensi diikuti konsekuensi yang kredibel. Nagin (2013) menekankan bahwa kepastian tertangkap lebih konsisten sebagai faktor pencegah dibandingkan beratnya sanksi semata. Dalam konteks VMS, probabilitas deteksi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan perangkat, tetapi juga oleh kontinuitas transmisi, kemampuan analisis, cakupan kapal, validasi, dan respons operasional.

Akan tetapi, kumpulan dokumen yang tersedia belum mengukur persepsi pelaku usaha, belum menghubungkan alert VMS dengan tindakan untuk kapal yang sama, dan belum menunjukkan perilaku kapal pada periode sebelum serta sesudah tindakan. Dengan demikian, artikel ini tidak menyimpulkan bahwa VMS telah terbukti meningkatkan kepatuhan atau menimbulkan deterrent effect di Laut Natuna Utara. Klaim yang dapat dipertahankan adalah bahwa VMS menyediakan mekanisme yang secara teoretis dapat meningkatkan probabilitas deteksi dan bahwa manfaat tersebut harus diuji melalui data proses yang terhubung.

Penjelasan alternatif juga perlu dipertimbangkan. Kapal yang sering terpantau dapat terlihat lebih patuh atau lebih tidak patuh karena perbedaan intensitas pengawasan, bukan karena perilaku dasarnya. Kapal yang tidak mengirim data dapat lebih sulit diamati, sehingga ketidakadaan alert bukan bukti kepatuhan. Sebaliknya, peningkatan alert dapat menunjukkan peningkatan kemampuan deteksi, bukan kenaikan prevalensi pelanggaran. Karena itu, evaluasi kausal perlu menggunakan kelompok pembanding atau strategi kuasi-eksperimental jika data dan kondisi operasional memungkinkan.

Kontribusi terhadap penelitian terdahulu dan kebijakan

Artikel ini melengkapi penelitian terdahulu dengan menempatkan keluaran pemantauan VMS sebagai titik awal dalam rantai keputusan pengawasan, kemudian membedakannya dari validasi administratif, pemeriksaan lapangan, dan penindakan. Hartono et al. (2007) menekankan persoalan desain kebijakan dan implementasi; Soemarmi et al. (2020) membahas kewajiban hukum; Muktitama et al. (2023) memperlihatkan pentingnya kesesuaian logbook dan data VMS; Situmorang et al. (2022) memperluas pendekatan pengawasan melalui data oseanografi; dan Wibowo et al. (2023) menelaah kepatuhan di Natuna. Artikel ini menghubungkan kontribusi tersebut melalui kerangka evaluasi yang membedakan kemampuan teknis, penggunaan operasional, dan hasil kepatuhan.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Dari perspektif ekonomi pertahanan dan keamanan ekonomi maritim, sistem pemantauan yang andal berpotensi membantu negara melindungi sumber daya ekonomi strategis dan mengalokasikan sumber daya pengawasan secara lebih efisien. Namun, manfaat ekonomi tidak boleh dihitung hanya dengan mengalikan volume tangkapan atau nilai tangkapan dari kapal yang ditindak. Valuasi hasil tangkapan kapal yang ditangkap tidak identik dengan estimasi kerugian negara yang dapat diatribusikan kepada IUU fishing, dan tidak membuktikan bahwa VMS mencegah atau mengurangi kerugian tersebut. Estimasi dampak ekonomi memerlukan asumsi yang dinyatakan jelas, data pembanding, dan metode valuasi yang sesuai.

Secara operasional, prioritas perbaikan dapat diarahkan pada lima hal. Pertama, membangun basis data terintegrasi dengan identitas kapal yang dianonimkan untuk analisis dan hak akses yang berjenjang. Kedua, menyimpan cap waktu dan status kasus dari deteksi sampai penyelesaian. Ketiga, menyusun standar validasi yang membedakan indikasi dengan pelanggaran terkonfirmasi. Keempat, mengembangkan dashboard kinerja yang mengukur kualitas transmisi dan kecepatan tindak lanjut, bukan hanya jumlah alert atau penindakan. Kelima, melakukan audit berkala atas data yang hilang, duplikasi, ketepatan identifikasi, dan hasil akhir penegakan.

Potensi sumber daya dan nilai kerugian sebagai alasan strategis pengawasan

Potensi sumber daya ikan WPPNRI 711 dan nilai kasus yang dilaporkan memberi dasar ekonomi bagi pengawasan berbasis risiko: semakin bernilai sumber daya dan semakin besar dugaan manfaat ekonomi dari pelanggaran, semakin penting kemampuan mendeteksi aktivitas kapal secara tepat waktu. Meski demikian, angka potensi tahunan adalah estimasi stok/potensi pada skala WPP, sedangkan angka kerugian adalah estimasi kasus tertentu. Keduanya memiliki unit analisis berbeda dan tidak boleh dijumlahkan atau diperlakukan sebagai ukuran yang saling menggantikan. VMS berkontribusi sebagai sumber peringatan dan penentuan sasaran; besarnya kerugian yang dicegah hanya dapat dinilai bila jejak VMS terhubung dengan hasil validasi, jumlah/jenis tangkapan, metode valuasi, dan status penyelesaian kasus.

Secara lebih spesifik, angka potensi regional menunjukkan pentingnya menjaga sumber daya yang dikelola, sedangkan valuasi Rp152,8 miliar menggambarkan besarnya nilai yang dilaporkan pada satu kasus penindakan. Kedua indikator mendukung argumen tentang urgensi pengawasan berbasis risiko, tetapi tidak dapat dipakai untuk menghitung tingkat pencurian, mengukur efektivitas VMS, atau menyimpulkan hubungan sebab-akibat. Untuk menguji kontribusi VMS, penelitian lanjutan perlu menautkan log VMS dengan alert, hasil validasi, keputusan operasi, hasil perkara, dan metode valuasi pada kasus yang sama.

Keterbatasan penelitian

Penelitian ini memiliki empat keterbatasan utama. Pertama, dokumen yang tersedia sebagian besar merupakan ringkasan administratif dan laporan indikasi, bukan log mentah VMS yang berisi posisi dan transmisi per kapal dalam periode tertentu. Kedua, beberapa rekap memiliki tanggal pembaruan berbeda, dan data 2025 s.d 2026 merupakan data parsial sehingga tidak sebanding secara langsung dengan tahun penuh. Ketiga, sumber penindakan tidak selalu terhubung dengan sumber pemicu informasi; oleh karena itu, kontribusi spesifik VMS terhadap setiap tindakan tidak dapat diisolasi. Keempat, tidak tersedia transkrip wawancara atau survei persepsi pelaku usaha untuk mengukur mekanisme deterrence.

Keterbatasan tersebut berarti hasil penelitian merupakan evaluasi deskriptif berbasis dokumen, bukan pengujian kausal terhadap pengaruh VMS. Kekuatan artikel terletak pada penataan bukti yang ada, pemisahan jenis sumber, dan perumusan kerangka pengukuran yang dapat direplikasi ketika data yang lebih rinci tersedia. Penelitian berikutnya perlu memperluas akses pada data longitudinal yang telah dianonimkan dan, bila dimungkinkan, menggabungkannya dengan wawancara terstruktur serta evaluasi proses penegakan.

KESIMPULAN

Pertama, dokumen administratif yang dianalisis menunjukkan bahwa operasi pengawasan perikanan menghasilkan catatan kapal yang tersebar di berbagai WPPNRI, termasuk WPPNRI 711. Untuk 2020 s.d 2024, catatan WPPNRI 711 berjumlah 23, 47, 23, 34, dan 17 per tahun berdasarkan rekap yang tersedia. Variasi tersebut tidak dapat ditafsirkan sebagai perubahan tingkat pelanggaran atau efek VMS karena intensitas pengawasan, cakupan data, dan sumber informasi tidak terkontrol.

Kedua, laporan *transmitter-off* menunjukkan adanya isu kontinuitas pemantauan yang perlu ditangani melalui prosedur teknis dan administratif yang terdokumentasi. Namun, snapshot tidak dapat membuktikan bahwa seluruh gangguan disengaja. Laporan AIS memperlihatkan nilai sumber informasi lintas-sistem, tetapi tidak dapat diperlakukan sebagai data VMS atau bukti tunggal pelanggaran.

Ketiga, VMS berpotensi meningkatkan visibilitas pergerakan kapal dan membantu penentuan prioritas pengawasan, tetapi kontribusinya terhadap kepatuhan bergantung pada kualitas transmisi, analisis, validasi,

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

respons operasional, dan penegakan yang kredibel. Berdasarkan dokumen yang tersedia, efek kausal VMS dan deterrent effect terhadap kepatuhan kapal di Laut Natuna Utara belum dapat dibuktikan secara empiris.

Keempat, kontribusi utama artikel ini adalah kerangka evaluasi tiga Tingkat yakni: teknis, operasional, dan kepatuhan, serta penegasan bahwa data indikasi, data AIS, rekap penindakan, dan data VMS harus dianalisis secara terpisah sebelum dihubungkan melalui jejak kasus yang dapat diverifikasi.

Saran

(1) Bagi pengelola pengawasan, bangun data kasus terintegrasi yang menghubungkan log VMS, daftar izin, alert, hasil validasi, penugasan operasi, hasil pemeriksaan, dan status penyelesaian perkara menggunakan ID kapal anonym; (2) Tetapkan indikator kinerja rutin: kontinuitas transmisi, durasi gap, waktu validasi, proporsi alert yang ditindaklanjuti, tingkat konfirmasi indikasi, dan proporsi kasus yang selesai. Jumlah penindakan tetap dapat dilaporkan, tetapi tidak digunakan sebagai satu-satunya ukuran keberhasilan; (3) Pisahkan kategori indikasi, pelanggaran tervalidasi, dan pelanggaran yang telah terbukti menurut proses administrasi/hukum. Gangguan transmisi perlu diperiksa penyebabnya sebelum ditetapkan sebagai ketidakpatuhan; (4) Untuk menguji deterrence, susun data panel kapal-periode minimal beberapa tahun dan pertimbangkan pendekatan kuasi-eksperimental atau kelompok pembanding. Model statistik hanya digunakan setelah kualitas identifikasi kapal, denominator armada, dan kelengkapan variabel dinilai memadai; (5) Untuk publikasi, pastikan izin tertulis atas penggunaan data internal dan lakukan pemeriksaan keamanan informasi sebelum naskah dikirim. Nama kapal, pemilik, alamat, ID transmiter, koordinat presisi, dan detail operasional harus tetap dihilangkan; (6) Penelitian lanjutan sebaiknya menambahkan wawancara semi-terstruktur dengan analis VMS, pengawas perikanan, operator kapal pengawas, dan pelaku usaha untuk menguji apakah peningkatan probabilitas deteksi dipersepsikan sebagai risiko nyata serta bagaimana faktor biaya, legitimasi, dan kemudahan kepatuhan memengaruhi perilaku.

REFERENSI

Becker, G. S. (1968). Crime and punishment: An economic approach. Journal of Political Economy, 76(2), 169–217. https://doi.org/10.1086/259394

Direktorat Jenderal Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan. (2020–2026). Rekapitulasi administratif kapal hasil operasi pengawasan perikanan menurut tahun dan WPPNRI [Data administratif internal tidak dipublikasikan]. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan. (2024–2026). Laporan agregat transmitter-off, deteksi kapal berbasis AIS, dan laporan indikasi pengawasan [Dokumen internal tidak dipublikasikan]. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1998). Fishing operations: Vessel monitoring systems (FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 1, Supplement 1). https://www.fao.org/4/w9633e/w9633e00.htm

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). International plan of action to prevent, deter and eliminate illegal, unreported and unregulated fishing. https://www.fao.org/iuu-fishing/international-framework/ipoa-iuu/en/

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). Making monitoring, control and surveillance of fishing vessels more effective (COFI/2003/4). https://www.fao.org/4/Y8216E/Y8216E.htm

Flewwelling, P. (1994). An introduction to monitoring, control and surveillance systems for capture fisheries (FAO Fisheries Technical Paper No. 338). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hartono, B. D., Monintja, D. R., Haluan, J., & Nikijuluw, V. P. H. (2007). Analisis model vessel monitoring system (VMS) dalam pengawasan kapal penangkap ikan di Indonesia [Disertasi doktoral, Institut Pertanian Bogor]. Repositori IPB. http://iirc.ipb.ac.id/handle/123456789/40592

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2021 tentang Standar Laik Operasi dan Sistem Pemantauan Kapal Perikanan. JDIH Kementerian Kelautan dan Perikanan. https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/949

Kroodsma, D. A., Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, N. A., Boerder, K., Ferretti, F., Wilson, A., Bergman, B., White, T. D., Block, B. A., Woods, P., Sullivan, B., Costello, C., & Worm, B. (2018). Tracking the global footprint of fisheries. Science, 359(6378), 904–908. https://doi.org/10.1126/science.aao5646

Kuperan, K., & Sutinen, J. G. (1998). Blue water crime: Legitimacy, deterrence, and compliance in fisheries. Law & Society Review, 32(2), 309–338. https://doi.org/10.2307/827765

Muktitama, M. T., Kurohman, F., & Setyawan, H. A. (2023). Analysis of the suitability of using logbook and

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

implementation of fishery vessel monitoring system policies through operational distribution of purse seine vessels in Benoa Public Port. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1224(1), Article 012012. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1224/1/012012

Nagin, D. S. (2013). Deterrence in the twenty-first century. Crime and Justice, 42(1), 199–263. https://doi.org/10.1086/670398

Situmorang, R. P., Gustasya, Y., Afrisal, M., & Supriyadi. (2022). Application of oceanographic data on illegal fishing surveillance for supporting maritime security (case study: North Natuna Sea). Jurnal Pertahanan: Media Informasi tentang Kajian dan Strategi Pertahanan yang Mengedepankan Identity, Nationalism and Integrity, 8(3), 381–400. https://doi.org/10.33172/jp.v8i3.1845

Soemarmi, A., Indarti, E., Pujiyono, Wardhani, L. T. A. L., Diamantina, A., & Ristyawati, A. (2020). The use of the vessel monitoring system as fishery ship obligations in Indonesia. AACL Bioflux, 13(3), 1483–1494.

Sutinen, J. G., & Kuperan, K. (1999). A socio-economic theory of regulatory compliance. International Journal of Social Economics, 26(1–3), 174–193. https://doi.org/10.1108/03068299910229569

Taconet, M., Kroodsma, D., & Fernandes, J. A. (2019). Global atlas of AIS-based fishing activity: Challenges and opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca7012en

van Helmond, A. T. M., Mortensen, L. O., Plet-Hansen, K. S., Ulrich, C., Needle, C. L., Oesterwind, D., Kindt-Larsen, L., Catchpole, T., Mangi, S., Zimmermann, C., Olesen, H. J., Bailey, N., Bergsson, H., Dalskov, J., Elson, J., Hosken, M., Peterson, L., McElderry, H., Ruiz, J., ... Poos, J. J. (2020). Electronic monitoring in fisheries: Lessons from global experiences and future opportunities. Fish and Fisheries, 21(1), 162–189. https://doi.org/10.1111/faf.12425

Wibowo, D. S., Supriatna, A., & Hewindati, Y. T. (2023). Analysis of compliance level of fishing activities in the Natuna Sea. Torani Journal of Fisheries and Marine Science, 7(1), 17–29. https://doi.org/10.35911/torani.v7i1.29598