

# **Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Pada Geospatial Intelligence Dalam Mencegah Illegal Fishing Untuk Menciptakan Keamanan di Wilayah Perairan Indonesia**

Annisa Harum Sadewa<sup>1</sup>, Gentio Harsono<sup>2</sup>, Yosef Prihanto<sup>3</sup>, Luwis Surani Haloho<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universitas Pertahanan RI, Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Citeurup, Bogor, Jawa Barat  
annisa.sadewa@tp.idu.ac.id

## **Abstract**

Technology has become a necessity in the modern era. The use of remote sensing technology in geospatial intelligence can be an effective solution to detect and prevent illegal fishing activities in Indonesia's maritime areas. This study uses a literature review method by gathering in-depth insights from journals and books. The focus is on remote sensing technology in geospatial intelligence to prevent illegal fishing. The purpose of this research is to examine the role of remote sensing in securing and monitoring Indonesia's maritime areas against illegal fishing. A technology-based approach using satellite imagery can be utilized for early detection and surveillance of maritime areas in Indonesia. Satellite imagery provides spatial and temporal data. The results indicate that the integration of remote sensing technology in geospatial intelligence plays a crucial role in enhancing surveillance capabilities in Indonesia's maritime regions.

**Keywords:** Technology, Remote Sensing, Geospatial Intelligence;

## **Abstrak**

Teknologi menjadi kebutuhan di era modern seperti sekarang. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dalam geospatial intelligence dapat menjadi solusi yang efektif guna mendeteksi serta mencegah adanya aktivitas illegal fishing di perairan Indonesia. Pada penelitian ini, menggunakan metode penelitian studi literatur dengan mencari sumber-sumber pemahaman yang mendalam dari jurnal maupun buku. Topik yang diperdalam terkait teknologi penginderaan jauh pada geospatial intelligence dalam mencegah terjadinya illegal fishing. Penelitian ini bertujuan mengkaji peranan penginderaan jauh untuk mengamankan dan mengawasi wilayah perairan Indonesia dari terjadinya illegal fishing. Pendekatan berbasis teknologi dengan citra satelit inilah yang dapat digunakan untuk mendeteksi dini dan pengawasan wilayah laut Indonesia. Data dari citra satelit berupa data spasial dan temporal. Hasil penelitian menunjukkan, integrasi teknologi penginderaan jauh dalam geospatial intelligence sangat berperan penting untuk mendukung kemampuan dalam bidang pemantauan wilayah perairan Indonesia.

**Kata kunci:** Teknologi, Penginderaan Jauh, Geospasial Intelijen

Copyright (c) 2024 Annisa Harum Sadewa, Gentio Harsono, Yosef Prihanto, Luwis Surani Haloho

---

Corresponding author: Annisa Harum Sadewa

Email Address : [annisa.sadewa@tp.idu.ac.id](mailto:annisa.sadewa@tp.idu.ac.id) (Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Citeureup, Bogor, Jawa Barat)

Received 12 November 2024, Accepted 19 November 2024, Published 25 November 2024

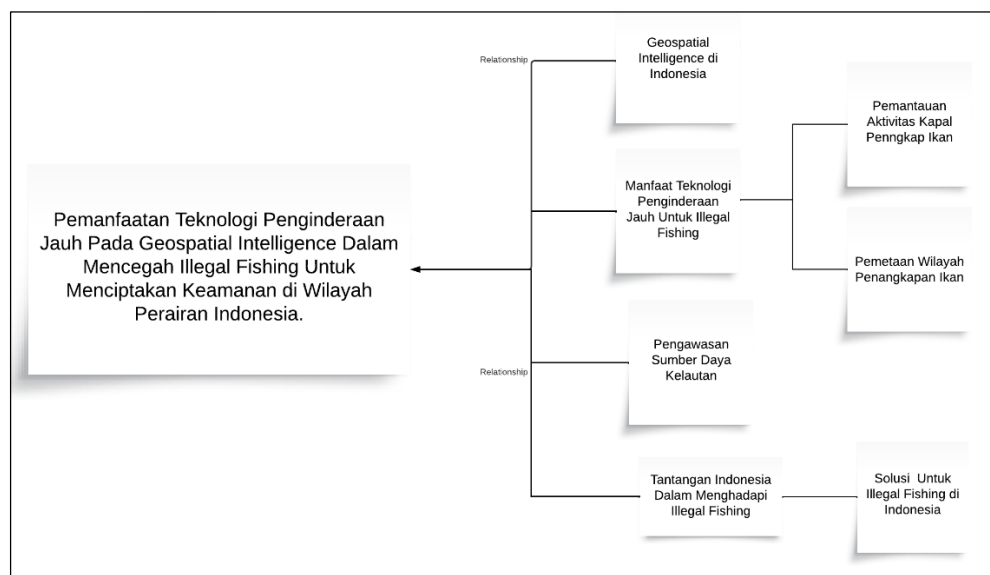
## **PENDAHULUAN**

Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas sehingga dijuluki sebagai negara maritim. Seiring dengan luasnya perairan yang dimiliki, maka potensi sumber daya laut Indonesia juga sangat besar. Untuk itu perlunya, generasi mendatang bersikap bijak dalam memanfaatkan sumber daya laut yang ada. Termasuk menjaga sumber daya perikanan dari penangkap ikan illegal. Penjagaan perlu dilakukan dengan standarisasi, fleksibel, dan terintegrasi untuk melindungi keanekaragaman hayati di laut (Canonic et al., 2019). Salah satunya bekerja sama dengan menuntaskan masalah illegal fishing yang marak terjadi. Illegal fishing atau penangkapan ikan secara illegal merupakan kejahatan yang tidak terorganisir melainkan kejahatan yang melibatkan hak-hak pekerja, pekerja paksa dan perbudakan (Mackay et al., 2020). Hal ini menjadi permasalahan yang serius di Indonesia karena

merugikan. Selain merugikan secara finansial, dapat membahayakan nelayan lokal serta dapat juga merusak ekosistem laut. Tentunya pemerintah tidak akan terdiam melihat kasus seperti ini. Pemerintah Indonesia akan melakukan upaya-upaya untuk menangani kasus penangkapan ikan secara ilegal ini dengan berbagai cara. Cara tersebut seperti patroli laut, adanya regulasi Undang-Undang tentang perikanan, pelaku yang melakukan penangkapan ikan secara ilegal dihukum dengan jera serta penangkapan kapal pelaku. Untuk mengetahui posisi kapal pelaku illegal fishing dapat mengintegrasikan data spasial dari kementerian serta kelembagaan. Data spasial ini nantinya termasuk dalam geospasial intelijen yang digunakan untuk memantau pergerakan kapal asing yang memasuki wilayah Indonesia. Identifikasi potensi ancaman keamanan negara dapat dilakukan oleh geospasial intelijen yang nantinya dapat digunakan dalam membantu operasi penegakan hukum. Geospasial intelijen digunakan untuk memberikan informasi intelijen guna keamanan nasional di wilayah operasional negara (Li & Hsu, 2022).

## METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah tinjauan literatur, yang diawali dengan pembuatan brainstorming. Penelitian tinjauan literatur ini menggunakan jurnal, buku dan dokumen resmi dari instansi yang digunakan sebagai sumber data yang kemudian menjadi dasar analisis. Penelitian dimulai dengan mencari pemahaman mendalam tentang Geospatial Intelligence, termasuk terjadinya perkembangan Geospatial Intelligence di Indonesia. Selanjutnya, penelitian ini mengeksplorasi teknologi penginderaan jauh yang digunakan pada Geospatial Intelligence untuk mendeteksi adanya zona penangkapan ikan. Penelitian ini juga mencakup pemahaman tentang sumber daya perikanan yang ada di perairan Indonesia. Data yang telah terkumpul inilah kemudian dijadikan sebagai pedoman mengenai konsep, pengaplikasian dan metode terkait topik pada penelitian ini.



Gambar 1 *Brainstorming* Penelitian

## **HASIL DAN DISKUSI**

### ***Geospatial Intelligence di Indonesia***

Kemajuan teknologi menjadi hal yang diperlukan sebagai kunci utama dalam menjalani aspek kehidupan. Salah satu ilmu yang berkembang dari teknologi yaitu geospasial. Peran penting dipegang oleh geospasial dalam informasinya untuk memajukan informasi ilmu terbaru dari data spasial dan berbagai atributnya (Song et al., 2023). Ilmu yang dimaksud yaitu geospasial intelijen. Geospasial intelijen merupakan disiplin ilmu intelijen yang relative baru, alat dari GEOINT berupa penginderaan jauh, gambar analisis dan interpretasi serta manusia untuk mengumpulkan, menggabungkan dan memproses data informasi tersebut (Clarke, 2019). Setelah semua informasi tersebut didapatkan, selanjutnya dianalisis dan diolah agar menjadi produk dari geospasial intelijen. Akhir dari produk ini dapat dijadikan untuk membuat keputusan yang lebih baik. Dari geospasial intelijen dapat mengetahui sistematis dari ekonomi, politik, geografi, perkotaan, kependudukan suatu wilayah (Wang et al., 2024). Geoint juga dipergunakan dalam penanganan kasus KKB. Kasus KKB memanfaatkan teknologi pendeteksian ke daerah yang ingin dituju dengan imagery intelligence (imint) dan human intelligence (humint). Oleh karena itu, penting untuk terus mengembangkan dan memperkuat kapasitas geospasial intelijen di Indonesia untuk menangani kasus-kasus yang dapat mengancam dalam negeri.

Dengan penggabungan antara manusia dan teknologi geospasial intelijen mampu untuk mengatasi ancaman yang muncul. Geospasial intelijen digunakan untuk mengumpulkan informasi, namun secara bersamaan juga untuk melindungi informasi yang bersifat rahasia sebagai bentuk dari pertahanan negara Indonesia (Yusfan et al., 2021). Dengan luasnya wilayah negara Indonesia, geospasial intelijen diperlukan di negara ini untuk mewujudkan strategi pertahanan. Strategi pertahanan nasional untuk aktivitas pertempuran menggunakan geospasial intelijen, hal ini karena geospasial cukup efisien dalam solusi jarak jauh dengan wilayah negara Indonesia yang luas (Rada, 2019). Seiring dengan berkembangnya kemajuan teknologi. Kini geospasial intelijen memasuki tahap baru dengan memanfaatkan teknologi yang semakin canggih (Y. Zhang et al., 2021). Salah satu contohnya semakin canggih dengan menggunakan aplikasi geospasial intelijen yaitu NEXUS. Aplikasi ini membantu memberikan informasi yang lebih baik untuk pengguna dengan menggabungkan beberapa komponen penalaran (Duckham et al., 2022). Akan tetapi dalam penggunaannya, geospasial intelijen membutuhkan alat yang mendukung. Alat pendukung ini untuk menyimpan ketersediaan data dengan komputasi kinerja tinggi guna mendeteksi objek dengan cepat dan akurat (Janowicz et al., 2020). Geospasial intelijen dibutuhkan di semua negara, tanpa terkecuali di Indonesia untuk mengantisipasi ancaman yang dapat terjadi di wilayah negara

### ***Teknologi Penginderaan Jauh Untuk Illegal Fishing***

Tidak ada suatu negara menginginkan kenaikan jumlah penangkapan ikan secara ilegal. Setiap negara menginginkan penurunan penangkapan ikan secara ilegal di wilayah perairannya (Vince et

al., 2021). Termasuk di negara Indonesia dengan luas perairannya, dapat memicu tantangan baru dalam menjaga sumber daya perikanan. Penangkapan ikan secara ilegal termasuk ancaman terhadap keamanan wilayah perairan (Okafor-Yarwood, 2020). Penangkapan ikan secara illegal merupakan fenomena yang banyak terjadi di negara yang memiliki perairan luas. Penangkapan ikan secara illegal dapat terjadi karena berbagai faktor seperti akses, legitimasi peraturan, resistensi, serta upaya penangkapan ikan itu sendiri (Nahuelhual et al., 2020). Maka dari itu, Indonesia berusaha menurunkan penangkapan ikan secara ilegal dengan berbagai cara. Pemusnahan kapal penangkapan ikan secara ilegal tidak bisa dilakukan secara sendiri, perlu kerja sama antar warga negara dan negara tetangga yang berdekatan. Untuk membantu memerangi penangkapan ikan secara ilegal diperlukan kerja sama internasional (Long et al., 2020). Terdapat cara lain seperti IUU Fishing, yang merupakan salah satu cara untuk memerangi penangkapan ikan ilegal (Virdin et al., 2022). Seiring perkembangan zaman memerangi IUU (Illegal, Unreported dan Unregulated) fishing dapat menggunakan teknologi. Teknologi tersebut dengan berupa sensor dan perangkat untuk mengetahui data siapa yang melakukan ilegal fishing (Zuzanna et al., 2022). Selain teknologi sensor dan perangkat terdapat sistem ROV untuk membantu mengetahui oknum pelaku ilegal fishing. ROV dikendalikan dari jarak jauh oleh seorang operator. ROV memiliki kamera serta manipulator untuk memanipulasi objek bawah laut. Variable kapal asing yang digunakan ROV adalah ukuran kapal, kecepatan dan kedalaman kapal tersebut. Sistem pengawasan remotely operated underwater vehicle atau biasa disebut ROV dengan bantuan teknologi computer dapat secara efektif untuk memantau maupun mendeteksi penangkapan ikan secara ilegal di wilayah perairan suatu negara (Huang et al., 2023). Perlunya menggabungkan teknologi seperti sensor, sistem, serta citra satelit diharapkan lebih akurat serta optimal untuk memantau pergerakan kapal penangkap ikan ilegal. Penggunaan citra satelit dan unoccupied aerial systems (UAS) bagian dari geointelligence, memungkinkan untuk survey secara merata untuk mencapai lokasi yang terpencil sekaligus (Rodofili et al., 2022). Oleh karena itu, penting untuk terus mengembangkan dan memanfaatkan teknologi guna meningkatkan kualitas suatu negara. Supaya negara tersebut tidak kehilangan potensi sumber daya perikananannya.

Pemantauan kapal dengan integrasi SAR, satelit, radar HF, UAV dan AIS efektif dalam mendeteksi kapal ilegal (Kim et al., 2020). Kapal dikatakan ilegal jika ada persyaratan hukum yang tidak terpenuhi untuk beroperasi di suatu wilayah perairan tertentu. Aktivitas kapal tersebut dapat dipantau menggunakan informasi spasial dan tematik dari data AIS (Shi et al., 2022). Data Automatic Identification System (AIS) dan Synthetic Aperture Radar (SAR) dapat digunakan untuk memantau aktivitas kapal penangkapan ikan secara ilegal di wilayah perairan yang dikelola (Galdelli et al., 2021). Kapal yang melintasi wilayah perairan wajib memiliki sistem otomatis seperti AIS. AIS inilah yang menjadi sistem pelacakan dan komunikasi maritim yang dapat mengetahui informasi tentang kecepatan, koordinat dan identitas kapal-kapal. Akses untuk mendapatkan informasi ini didapat oleh berbagai pihak seperti kapal-kapal yang berada di sekitarnya. Jalur lintasan kapal menggunakan AIS dan beberapa kumpulan data sistem informasi geografis lainnya (Tyasayumranani et al., 2022).

Pelacakan kapal secara real time meningkatkan kewaspadaan terhadap ancaman maritim yang dapat terjadi di wilayah perairan (Liu et al., 2022). Untuk itu dengan adanya alat pelacak kapal yang real time, negara dapat langsung memantaunya. Indonesia harus tegas untuk menindak kapal asing yang melanggar ketentuan hukum jika melewati wilayah perairannya. Selain menggunakan teknologi berbagai sensor, pelacakan kapal dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma. Algoritma pelacakan kapal asing mencapai 2,23% dengan menggunakan multi objek (Wu et al., 2021). Terdapat lagi jaringan yang digunakan untuk dapat melakukan pelacakan kapal asing contohnya RoDAN dan LMD-Tship. Robust deep affinity network (RoDAN) merupakan salah satu jaringan afinitas untuk pelacakan kapal (W. Zhang et al., 2021). RoDAN berupa jaringan afinitas sedangkan LMD-Tship berupa data resolusi tinggi. LMD-Tship dapat digunakan untuk pelacakan kapal yang terdiri dari data resolusi tinggi berskala besar (Shan et al., 2021). Pemantauan aktivitas kapal di wilayah perairan Indonesia perlu dilakukan baik menggunakan teknologi, jaringan, satelit maupun data. Hal ini penting untuk mengantisipasi potensi ancaman terhadap wilayah perairan Indonesia.

Penginderaan jauh memiliki banyak manfaat, salah satunya digunakan untuk pendeteksian wilayah perikanan. Data penginderaan jauh yang didapat dari satelit secara efektif mampu untuk mengidentifikasi zona potensi penangkapan ikan (Syahdan et al., 2023). ZPPI atau Zona potensi penangkapan ikan merupakan wilayah yang berpotensi menjadi tempat sasaran penangkapan ikan. Pada ZPPI menggunakan data satelit untuk menentukan potensi pada daerah mana saja yang cocok untuk dijadikan wilayah penangkapan ikan. Contohnya pada jenis ikan tuna mata besar yang dapat terdeteksi dengan data suhu permukaan, klorofil-a, dan salinitas (Syah et al., 2020). Selain pada jenis ikan tuna mata besar, terdapat jenis ikan sardinella yang dapat dideteksi keberadaannya dengan menggunakan satelit. Deteksi dapat dilakukan secara optimal sehingga dapat membantu pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan (Ali et al., 2022). Salah satu yaitu satelit Aqua Modis yang digunakan untuk deteksi wilayah perikanan tangkap (Daqamseh et al., 2019). Satelit Aqua Modis yang merupakan milik NASA ini pertama kali diluncurkan pada tahun 2002 dengan membawa data siklus air di bumi. Tidak hanya untuk pendeteksian wilayah perikanan tangkap, akan tetapi satelit Aqua Modis digunakan untuk fase penanaman padi dan monitoring titik api kebakaran hutan. Penginderaan jauh berbasis flitter bat optimized long short-term memory (FB-LSTM) yang terintegrasi recurrent neural networks (RNN) juga dapat untuk memprediksi zona potensial penangkapan ikan (Sivasankari et al., 2022). Teknologi berbasis Artificial Intelligence (AI) mampu bersaing untuk memprediksi kemungkinan wilayah yang terdapat keberadaan ikan. Contohnya menggunakan Fish Monitoring and AI-based Zone Evaluation (FishMAZE) yang berbasis AI yang dapat menentukan koordinat ikan tertentu serta menciptakan visualisasi untuk merekomendasikan rute penangkapan ikan berdasarkan pola historisnya (Lambon et al., 2022). Pemetaan hotspot juga dimanfaatkan untuk dapat mengoptimalkan praktik penangkapan ikan dan mengurangi tangkapan yang tidak diinginkan (Calderwood et al., 2020). Pada kapal terdapat sistem, sistem ini dapat

digunakan untuk pemetaan wilayah penangkapan ikan. Sistem pemantauan pada kapal terdapat alat untuk memetakan penangkapan ikan, hal ini untuk membantu pengelolaan kawasan perlindungan laut (Birchenough et al., 2021). Indonesia tidak boleh tertinggal dalam penggunaan teknologi guna memantau wilayah perairannya. Penjagaan di sekitar perairan yang melibatkan petugas pegawai sangat dibutuhkan

### ***Pengawasan Sumber Daya Kelautan***

Penangkapan ikan secara ilegal dapat menurunkan populasi ikan tersebut pada wilayah perairan. Oleh karena itu memerlukan pelestarian sumber daya ikan agar tidak terjadi penurunan populasi yang signifikan. Perikanan yang berkelanjutan harus memprioritaskan penangkapan ikan karena sering terjadi ilegal fishing yang akan mengeksploitasi perikanan tangkap (Jacquet & Pauly, 2022). Penangkapan ikan yang berkelanjutan harus dilakukan untuk mencegah kepunahan populasi ikan. Hal ini merupakan kunci untuk menjamin ketahanan hasil laut dan penghidupan masyarakat yang berprofesi sebagai nelayan (Kiruba-Sankar et al., 2021). Dengan melestarikan sumber daya alam terutama perikanan tangkap dapat memberikan manfaat bagi alam dan manusia. Penerapan penangkapan ikan yang berkelanjutan harus dilakukan sedini mungkin untuk mendapat manfaat ekologi serta ekonomi di masa depan (McDonald et al., 2020). Terdapat beberapa cara untuk tetap dapat melestarikan sumber daya kelautan. Cara tersebut yaitu dengan mempertahankan populasi ikan salah satunya dengan adanya perjanjian internasional dan aturan pengendalian penangkapan ikan (Melnychuk et al., 2021). Dalam hal ini butuh pengawasan dan kerja sama antar masyarakat. Guna menuju penangkapan yang berkelanjutan dibutuhkan kerjasama antara ilmu pengetahuan, teknologi, kesadaran masyarakat serta hukum yang tertera (Massaquoi et al., 2021). Jika kelestarian sumber daya kelautan diabaikan, akan terjadi eksploitasi sumber daya tersebut. Contohnya pada negara Afrika, negara ini mengeksploitasi sumber daya perikanan laut yang berlebihan (Bi et al., 2023). Tentunya Indonesia tidak ingin hal itu terjadi karena sangat merugikan. Tindakan pengelolaan tata ruang laut dilakukan untuk keberlanjutan perikanan tangkap (Farella et al., 2021). Tindakan seperti ini memerlukan bantuan dan kekompakan untuk pihak-pihak yang terlibat. Bahkan untuk sistem perikanan global memerlukan berbagai kerja sama antar negara, koordinasi antar lembaga nasional, regional serta global dalam pelaksanaannya untuk turut serta memerangi ilegal fishing (L. Zhang, 2021). Dengan menerapkan beberapa pendekatan dapat dipastikan sumber daya ikan yang berkelanjutan bermanfaat untuk semua pihak (Haas et al., 2020). Serta diharapkan agar sumber daya ikan dapat dinikmati oleh generasi sekarang dan mendatang. Pengambilan langkah yang tepat dan efektif untuk melindungi keanekaragaman hayati laut dan memastikan keberlanjutan sumber daya perikananannya.

### ***Tantangan Indonesia Dalam Menghadapi Illegal Fishing***

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam sumber daya perikananannya, sayangnya, belum sepenuhnya dioptimalkan. Masih banyak kendala yang harus dihadapi oleh bangsa Indonesia terutama pada wilayah perairannya. Salah satunya kapal asing yang menangkap ikan secara ilegal di

perairan Indonesia. Penangkapan ikan yang dilakukan secara ilegal termasuk kedalam pembajakan. Untuk itu solusi yang tepat yaitu adanya upaya untuk memerangi penangkapan ikan secara ilegal dengan memperkuat penegakan hukum, meningkatkan patroli laut, serta memberikan edukasi kepada masyarakat (yang berprofesi sebagai nelayan) (Desai & Shambaugh, 2021). Kerja sama menjadi bagian penting untuk menyelesaikan kasus ilegal fishing ini. Menghadapi kejahatan perikanan seperti penangkapan ikan secara ilegal memerlukan hubungan serta kerja sama dengan berbagai pihak non pemerintah di tingkat lokal (Beseng, 2021). Untuk pemberantasan ilegal fishing masih sangat diusahakan, akan tetapi untuk mengurangnya terdapat cara yang bisa digunakan saat ini. Cara tersebut yaitu registrasi kapal penangkapan ikan diperketat, melakukan pemantauan di lokasi pendaratan serta mencegah oknum yang menangkap ikan secara ilegal (Lee & Viswanathan, 2020). Bila diingat kembali mantan Menteri kelautan dan perikanan Indonesia, Susi Pudjiastuti pernah menggunakan cara menenggelamkan kapal asing sebagai jalan keluar dari kasus IUU fishing ini. Efek tersebut membuat jera kapal asing yang telah mengambil sumber daya perikanan di perairan Indonesia. Namun, setelah masa jabatan Susi Pudjiastuti telah habis cara tersebut tidak digunakan kembali. Adapun cara lain untuk membantu mengurangi penangkapan ikan ilegal. Cara tersebut dengan meningkatkan kerja sama antar pemangku kepentingan terutama nelayan guna melakukan pemantauan bersama di wilayah pesisir (Fujii et al., 2021). Selain dengan menggunakan data citra, didukung dengan memperoleh data langsung dari petugas penegak hukum di lapang. Metode dengan memperoleh data langsung dapat direkomendasikan untuk mengukur, memantau dan merumuskan solusi yang tepat sasaran guna IUU fishing (Donlan et al., 2020). Negara wajib mengatur tentang penangkapan ikan yang ilegal berdasarkan hukum internasional yang berlaku (Chen et al., 2023). Serta mengimplementasikannya ke dalam peraturan agar efektif untuk melindungi sumber daya perikanan dan ekosistem laut. Sangat disayangkan apabila potensi sumber daya perikanan Indonesia diambil oleh warga negara lain.

## **KESIMPULAN**

Indonesia, dengan wilayah perairan yang luas, pastinya memiliki kekayaan laut yang melimpah. Namun, kekayaan ini terancam oleh penangkapan ikan secara ilegal (IUU Fishing) yang dilakukan oleh oknum-oknum tidak bertanggung jawab. Untuk memerangi IUU Fishing, Indonesia memanfaatkan kekuatan geospasial dan teknologi. Geospasial intilijen dapat membantu mengambil keputusan dengan mengumpulkan, menganalisis dan memproses data spasial dengan penginderaan jauh. Geospasial dan teknologi memainkan peran penting dalam memerangi penangkapan ikan ilegal (IUU Fishing) di Indonesia. Zona wilayah perikanan tangkap dapat dipetakan menggunakan penginderaan jauh, selain itu dapat menggunakan FishMAZE yang berbasis AI. Terdapat pemetaan hotspot untuk mengoptimalkan penangkapan kapal ikan secara ilegal. Semua cara dilakukan untuk menentukan dan mengawasi kapal yang melakukan penangkapan ikan secara ilegal. Automatic

Identification System (AIS) dan Synthetic Aperture Radar (SAR) memungkinkan dapat membuat pelacakan aktivitas kapal ikan dengan waktu yang real time. Namun dengan menggunakan sensor dan satelit radar tetap dapat melakukan pendeteksian kapal ilegal. Melestarikan sumber daya ikan dengan menerapkan prinsip berkelanjutan dan mencegah kepunahan populasi ikan. Perjanjian internasional, aturan pengendalian penangkapan ikan, dan pengelolaan tata ruang laut diperlukan untuk menjaga populasi ikan. Kerja sama antar negara, lembaga nasional, dan regional penting untuk sistem perikanan global yang berkelanjutan. Upaya memerangi IUU Fishing tidak hanya berhenti pada pelacakan dan penangkapan. Perjanjian internasional, aturan pengendalian penangkapan ikan, dan pengelolaan tata ruang laut menjadi landasan penting untuk menjaga populasi ikan agar tetap stabil. Kerjasama antar negara, lembaga nasional, dan regional menjadi kunci dalam sistem perikanan global yang berkelanjutan. Geospasial dan teknologi telah menjadi garda terdepan dalam memerangi IUU Fishing di Indonesia.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada dosen pembimbing saya, Pak Gentio dan Pak Yosef. Karena atas bimbingan, masukan, kritik, saran dan dukungannya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Serta teman saya, Luwis yang telah menemani dan memberikan dukungan untuk penyelesaian penelitian ini.

### **REFERENSI**

- Ali, E. M., Zanaty, N., & El-Magd, I. A. (2022). Potential Efficiency of Earth Observation for Optimum Fishing Zone Detection of the Pelagic *Sardinella aurita* Species along the Mediterranean Coast of Egypt. *Fishes*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/fishes7030097>
- Beseng, M. (2021). The Nature and Scope of Illegal, Unreported, and Unregulated Fishing and Fisheries Crime in Cameroon: Implications for Maritime Security. *African Security*, 14(3). <https://doi.org/10.1080/19392206.2021.1982241>
- Bi, M., Zhang, Z., Guo, X., & Wan, L. (2023). Evaluation of Sustainable Utilization of African Marine Fishery Resources. *Fishes*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/fishes8010004>
- Birchenough, S. E., Cooper, P. A., & Jensen, A. C. (2021). Vessel monitoring systems as a tool for mapping fishing effort for a small inshore fishery operating within a marine protected area. *Marine Policy*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104325>
- Calderwood, J., Robert, M., Pawlowski, L., Vermard, Y., Radford, Z., Catchpole, T. L., & Reid, D. G. (2020). Hotspot mapping in the Celtic Sea: An interactive tool using multinational data to optimise fishing practices. *Marine Policy*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103511>
- Canonica, G., Buttigieg, P. L., Montes, E., Muller-Karger, F. E., Stepien, C., Wright, D., Benson, A., Helmuth, B., Costello, M., Sousa-Pinto, I., Saeedi, H., Newton, J., Appeltans, W., Bednaršek, N., Bodrossy, L., Best, B. D., Brandt, A., Goodwin, K. D., Iken, K., ... Murton,



- B. (2019). Global observational needs and resources for marine biodiversity. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 6, Issue JUL). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00367>
- Chen, X., Xu, Q., & Li, L. (2023). Illegal, Unreported, and Unregulated Fishing Governance in Disputed Maritime Areas: Reflections on the International Legal Obligations of States. *Fishes*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/fishes8010036>
- Clarke, K. C. (2019). Geospatial Intelligence. In *International Encyclopedia of Human Geography, Second Edition* (Second Edi, Vol. 6). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10550-5>
- Daqamseh, S. T., Al-Fugara, A., Pradhan, B., Al-Oraiqat, A., & Habib, M. (2019). MODIS derived sea surface salinity, temperature, and chlorophyll-a data for potential fish zone mapping: West red sea coastal areas, Saudi Arabia. *Sensors* (Switzerland), 19(9). <https://doi.org/10.3390/s19092069>
- Desai, R. M., & Shambaugh, G. E. (2021). Measuring the global impact of destructive and illegal fishing on maritime piracy: A spatial analysis. *PLoS ONE*, 16(2 February). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246835>
- Donlan, C. J., Wilcox, C., Luque, G. M., & Gelcich, S. (2020). Estimating illegal fishing from enforcement officers. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69311-5>
- Duckham, M., Gabela, J., Kealy, A., Khan, M., Legg, J., Moran, B., Rumi, S. K., Salim, F. D., Sharmeen, S., Tao, Y., Trentelman, K., & Vasardani, M. (2022). Explainable spatiotemporal reasoning for geospatial intelligence applications. *Transactions in GIS*, 26(6). <https://doi.org/10.1111/tgis.12939>
- Farella, G., Tassetti, A. N., Menegon, S., Bocci, M., Ferrà, C., Grati, F., Fadini, A., Giovanardi, O., Fabi, G., Raicevich, S., & Barbanti, A. (2021). Ecosystem-based MSP for enhanced fisheries sustainability: An example from the northern adriatic (Chioggia-Venice and Rovigo, Italy). *Sustainability* (Switzerland), 13(3). <https://doi.org/10.3390/su13031211>
- Fujii, I., Okochi, Y., & Kawamura, H. (2021). Promoting cooperation of monitoring, control, and surveillance of iuu fishing in the Asia-Pacific. *Sustainability* (Switzerland), 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810231>
- Galdelli, A., Mancini, A., Ferrà, C., & Tassetti, A. N. (2021). A synergic integration of ais data and sar imagery to monitor fisheries and detect suspicious activities. *Sensors*, 21(8). <https://doi.org/10.3390/s21082756>
- Haas, B., McGee, J., Fleming, A., & Haward, M. (2020). Factors influencing the performance of regional fisheries management organizations. *Marine Policy*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103787>
- Huang, X. R., Huang, G. Z., & Chen, L. B. (2023). A Deep Learning-based ROV Surveillance System for Monitoring Illegal Fishing. *GCCE 2023 - 2023 IEEE 12th Global Conference on*

- Consumer Electronics. <https://doi.org/10.1109/GCCE59613.2023.10315589>
- Jacquet, J., & Pauly, D. (2022). Reimagining sustainable fisheries. *PLoS Biology*, 20(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001829>
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. In *International Journal of Geographical Information Science* (Vol. 34, Issue 4). <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>
- Kim, S. W., Kim, D., Lee, Y. K., Lee, I., Lee, S., Kim, J., Kim, K., & Ryu, J. H. (2020). Operational ship monitoring based on multi-platforms (Satellite, UAV, HF Radar, AIS). *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(22). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.2.2.12>
- Kiruba-Sankar, R., Krishnan, P., George, G., Kumar, K. L., Angel, J. R. J., Saravanan, K., & Roy, S. D. (2021). Fisheries governance in the tropical archipelago of Andaman and Nicobar – opinions and strategies for sustainable management. *Journal of Coastal Conservation*, 25(1). <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00808-5>
- Lambon, A., Sagun, E. F., Saet, M., Maranon, Z., & Berlin, S. (2022). FishMAZE: Fish Monitoring and AI-based Zone Evaluation. *Nordic Machine Intelligence*, 2(2). <https://doi.org/10.5617/nmi.9941>
- Lee, W. C., & Viswanathan, K. K. (2020). Framework for managing illegal, unreported and unregulated fishing in ASEAN. *Asian Fisheries Science*, 33(1). <https://doi.org/10.33997/j.afs.2020.33.1.008>
- Li, W., & Hsu, C. Y. (2022). GeoAI for Large-Scale Image Analysis and Machine Vision: Recent Progress of Artificial Intelligence in Geography. In *ISPRS International Journal of Geo-Information* (Vol. 11, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/ijgi11070385>
- Liu, H., Xu, X., Chen, X., Li, C., & Wang, M. (2022). Real-Time Ship Tracking under Challenges of Scale Variation and Different Visibility Weather Conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/jmse10030444>
- Long, T., Widjaja, S., Wirajuda, H., & Juwana, S. (2020). Approaches to combatting illegal, unreported and unregulated fishing. In *Nature Food* (Vol. 1, Issue 7). <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0121-y>
- Mackay, M., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2020). The Intersection Between Illegal Fishing, Crimes at Sea, and Social Well-Being. In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 7). <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.589000>
- Massaquoi, B., Roberts, N. J., & Tian, G. (2021). Marine fishing management towards sustainability in Sierra Leone. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(5). <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160514>
- McDonald, G., Wilson, M., Veríssimo, D., Twohey, R., Clemence, M., Apistar, D., Box, S., Butler, P., Cadiz, F. C., Campbell, S. J., Cox, C., Effron, M., Gaines, S., Jakub, R., Mancao, R. H.,

- Rojas, P. T., Tirona, R. S., & Vianna, G. (2020). Catalyzing sustainable fisheries management through behavior change interventions. *Conservation Biology*, 34(5). <https://doi.org/10.1111/cobi.13475>
- Melnichuk, M. C., Kurota, H., Mace, P. M., Pons, M., Minto, C., Osio, G. C., Jensen, O. P., de Moor, C. L., Parma, A. M., Richard Little, L., Hively, D., Ashbrook, C. E., Baker, N., Amoroso, R. O., Branch, T. A., Anderson, C. M., Szuwalski, C. S., Baum, J. K., McClanahan, T. R., ... Hilborn, R. (2021). Identifying management actions that promote sustainable fisheries. *Nature Sustainability*, 4(5). <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00668-1>
- Nahuelhual, L., Saavedra, G., Mellado, M. A., Vergara, X. V., & Vallejos, T. (2020). A social-ecological trap perspective to explain the emergence and persistence of illegal fishing in small-scale fisheries. *Maritime Studies*, 19(1). <https://doi.org/10.1007/s40152-019-00154-1>
- Okafor-Yarwood, I. (2020). The Cyclical Nature of Maritime Security Threats: Illegal, Unreported, and Unregulated Fishing as a Threat to Human and National Security in the Gulf of Guinea. *African Security*, 13(2). <https://doi.org/10.1080/19392206.2020.1724432>
- Rada, J. (2019). Smart defence: Joint geospatial support in NATO. *GeoScope*, 13(2). <https://doi.org/10.2478/geosc-2019-0009>
- Rodofili, E. N., Lecours, V., & LaRue, M. (2022). Remote sensing techniques for automated marine mammals detection: a review of methods and current challenges. In *PeerJ* (Vol. 10). <https://doi.org/10.7717/peerj.13540>
- Shan, Y., Liu, S., Zhang, Y., Jing, M., & Xu, H. (2021). LMD-TShip\*: Vision Based Large-Scale Maritime Ship Tracking Benchmark for Autonomous Navigation Applications. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3079132>
- Shi, Y., Long, C., Yang, X., & Deng, M. (2022). Abnormal Ship Behavior Detection Based on AIS Data. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/app12094635>
- Sivasankari, M., Anandan, R., & Chamato, F. A. (2022). HE-DFNETS: A Novel Hybrid Deep Learning Architecture for the Prediction of Potential Fishing Zone Areas in Indian Ocean Using Remote Sensing Images. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5081541>
- Song, Y., Kalacska, M., Gašparović, M., Yao, J., & Najibi, N. (2023). Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping. In *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (Vol. 120). <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103300>
- Syah, A. F., Gaol, J. L., Zainuddin, M., Apriliya, N. R., Berlianty, D., & Mahabrort, D. (2020). Detection of potential fishing zones of Bigeye tuna (*Jhunnus obesus*) at profundity of 155 M in the eastern Indian Ocean. *Indonesian Journal of Geography*, 52(1), 29–35. <https://doi.org/10.22146/ijg.43708>
- Syahdan, M., Athmadipoera, A. S., Susilo, S. B., & Gaol, J. L. (2023). Determining the Potential

- Fishing Zone of Small Pelagic Fishes Based on Spatial and Temporal Variability of Remote Sensing Satellite Data. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 27(3). <https://doi.org/10.21608/ejabf.2023.306903>
- Tyasayumranani, W., Hwang, T., Hwang, T., & Youn, I. H. (2022). Anomaly detection model of small-scaled ship for maritime autonomous surface ships' operation. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 6(4). <https://doi.org/10.1080/25725084.2022.2154116>
- Vince, J., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2021). Progress and challenges in eliminating illegal fishing. *Fish and Fisheries*, 22(3). <https://doi.org/10.1111/faf.12532>
- Viridin, J., Vegh, T., Ratcliff, B., Yozell, S., Havice, E., Daly, J., & Stuart, J. (2022). Combatting illegal fishing through transparency initiatives: Lessons learned from comparative analysis of transparency initiatives in seafood, apparel, extractive, and timber supply chains. *Marine Policy*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104984>
- Wang, S., Huang, X., Liu, P., Zhang, M., Biljecki, F., Hu, T., Fu, X., Liu, L., Liu, X., Wang, R., Huang, Y., Yan, J., Jiang, J., Chukwu, M., Reza Naghedi, S., Hemmati, M., Shao, Y., Jia, N., Xiao, Z., ... Bao, S. (2024). Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: An extensive systematic review (Vol. 128). <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103734>
- Wu, J., Cao, C., Zhou, Y., Zeng, X., Feng, Z., Wu, Q., & Huang, Z. (2021). Multiple ship tracking in remote sensing images using deep learning. *Remote Sensing*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/rs13183601>
- Yusfan, M. A., Supriyadi, A. A., Martha, S., Gultom, R. A. G., & Sakti, S. K. (2021). Geospatial Intelligence (GEOINT) As A National Defense Strategy for Information Overload in Indonesia. *International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences*, 3(2). <https://doi.org/10.46923/ijets.v3i2.129>
- Zhang, L. (2021). Global fisheries management and community interest. *Sustainability (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/su13158586>
- Zhang, W., He, X., Li, W., Zhang, Z., Luo, Y., Su, L., & Wang, P. (2021). A Robust Deep Affinity Network for Multiple Ship Tracking. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70. <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3077679>
- Zhang, Y., Zhang, Z., Tong, X., Ji, S., Yu, Y., & Lai, G. (2021). Progress and challenges of geospatial artificial intelligence. *Cehui Xuebao/Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 50(9). <https://doi.org/10.11947/j.AGCS.2021.20200420>
- Zuzanna, K., Tomasz, U., Michal, G., & Robert, P. (2022). How High-Tech Solutions Support the Fight Against IUU and Ghost Fishing: A Review of Innovative Approaches, Methods, and Trends. In *IEEE Access* (Vol. 10). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3212384>