

Prediksi Zona Potensial Penangkapan Ikan Selar Menggunakan Citra Satelit Modis dan VIIRS Boat Detection (VBD) di Perairan Maluku Utara pada Musim Barat

Prediction of Potential Skipjack Tuna Fishing Zones Using MODIS Satellite Imagery and VIIRS Boat Detection (VBD) in the Waters of North Maluku During the West Season

***Rakhshanda Shaina A.H¹, Putri Wahyuni¹, Nuril Khairiyah¹, Vera Anggraini¹, Bonita Fransisca A.R.A¹, Riyadi Tri Waluya Budi¹, Ayang Armelita Rosalia¹, dan Dinda Nurafani¹**

¹Program Studi Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Ciracas No.38, Serang, Kec. Serang, Kota Serang, Banten
42116, Indonesia

E-mail: shainaahava25@upi.edu

Teregistrasi: 9 Januari 2025, Diterima Setelah Perbaikan: 13 Maret 2025, Terbit: 18 Mei 2025

ABSTRAK

Indonesia dikenal sebagai negara dengan keanekaragaman hayati laut yang melimpah, termasuk potensi perikanan yang besar. Perairan Maluku Utara merupakan area strategis untuk perikanan ikan pelagis kecil seperti ikan selar (*Selar crumenophthalmus*) yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Namun, dinamika lingkungan laut akibat perubahan musim, terutama selama Musim Barat, sering memengaruhi distribusi dan ketersediaan ikan, yang berdampak langsung pada hasil tangkapan nelayan setempat. Penelitian ini bertujuan memetakan zona potensial penangkapan ikan selar di wilayah tersebut dengan mengintegrasikan data suhu permukaan laut (SST) dan klorofil-a dari citra MODIS, serta pola aktivitas kapal dari *VIIRS Boat Detection* (VBD). Dengan metode deskriptif kuantitatif, data sekunder dari Desember 2023 diolah menggunakan perangkat lunak seperti ArcGIS Pro dan XLStat untuk menghasilkan peta distribusi ikan. Analisis dilakukan menggunakan model prediksi MaxEnt. Hasil penelitian mengidentifikasi area dengan konsentrasi klorofil-a tinggi dan suhu optimal sebagai lokasi utama penangkapan, dengan tingkat akurasi yang tinggi. Studi ini memberikan manfaat signifikan bagi nelayan dan pemangku kepentingan dalam meningkatkan efisiensi penangkapan serta mendukung pengelolaan sumber daya laut secara berkelanjutan di tengah tantangan perubahan lingkungan.

Kata kunci: Selar *Crumenophthalmus*, Suhu permukaan laut (SST), Klorofil-a, Citra MODIS, *VIIRS Boat Detection* (VBD), Penginderaan Jauh

ABSTRACT

*Abstrak Indonesia is known as a country with abundant marine biodiversity, including significant fishery potential. The waters of North Maluku are a strategic area for small pelagic fish fisheries such as the mackerel scad (*Selar crumenophthalmus*), which have high economic value. However, the dynamics of the marine environment due to seasonal changes, especially during the Western Season, often affect the distribution and availability of fish, which directly impacts the catch results of local fishermen. This study aims to map the potential fishing zones for mackerel in the region by integrating sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a data from MODIS imagery, as well as vessel activity patterns from VIIRS Boat Detection (VBD). Using a descriptive quantitative method, secondary data from December 2023 were processed using software such as ArcGIS Pro and XLStat to produce fish distribution maps. Analysis was conducted using the MaxEnt prediction model. The research results identified areas with high chlorophyll-a concentration and optimal temperatures as the main fishing locations, with a high level of accuracy. This study provides significant benefits to fishermen and stakeholders in improving catch efficiency and supporting the sustainable management of marine resources amidst the challenges of environmental change.*

Keywords: *Selar Crumenophthalmus*, Sea Surface Temperature (SST), Chlorophyll-a, MODIS Images, VIIRS Boat Detection (VBD), Remote Sensing

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara dengan biodiversitas laut yang sangat kaya termasuk potensi sumber daya perikanan yang melimpah (Aminuddin & Burhanuddin, 2023). Perairan Maluku Utara merupakan salah satu wilayah strategis untuk perikanan ikan

pelagis kecil seperti ikan selar (*Selar crumenophthalmus*) yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Dinamika lingkungan laut akibat perubahan musim khususnya pada Musim Barat, sering memengaruhi distribusi dan ketersediaan ikan di wilayah ini sehingga berdampak langsung pada hasil tangkapan nelayan lokal (Rais *et al.*, 2024). Teknologi berbasis data menjadi salah satu pendekatan penting untuk mengatasi tantangan tersebut dan mendukung keberlanjutan perikanan di wilayah tropis (Zega *et al.*, 2024).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh seperti citra satelit MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dan VIIRS *Boat Detection* (VBD) telah memberikan terobosan baru dalam manajemen perikanan. Citra MODIS menyediakan data oseanografi, termasuk suhu permukaan laut (SST) dan konsentrasi klorofil-a yang menjadi indikator utama keberadaan ikan (Asri, 2024). Data dari VBD mampu mendeteksi keberadaan kapal penangkap ikan secara real-time, memberikan informasi tentang pola aktivitas penangkapan di suatu wilayah (Fadhila, 2023). Integrasi kedua teknologi ini menawarkan pendekatan yang lebih presisi dalam menentukan zona potensial penangkapan ikan di perairan seperti Maluku Utara.

Penelitian terdahulu lebih sering berfokus pada analisis parameter oseanografi atau pemantauan aktivitas kapal secara terpisah, tanpa mengintegrasikan data dari MODIS dan VBD (Nugraha *et al.*, 2019). Studi yang mengaplikasikan kedua teknologi ini secara bersamaan di perairan Maluku Utara khususnya pada Musim Barat masih sangat jarang ditemukan. Musim Barat dengan karakteristik angin yang lebih kuat dan perubahan pola arus laut menuntut pendekatan yang lebih komprehensif untuk memberikan rekomendasi akurat bagi nelayan (Hidayat, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi keberadaan ikan selar dan membangun model prediksi berbasis data MODIS dan VBD untuk menentukan zona potensial penangkapan selama Musim Barat di perairan Maluku Utara. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi penangkapan ikan selar dengan menyediakan peta prediksi zona potensial penangkapan berbasis data MODIS dan VBD. Informasi ini dapat dimanfaatkan oleh nelayan untuk mengoptimalkan lokasi penangkapan, oleh pemerintah untuk merancang kebijakan pengelolaan perikanan yang berkelanjutan, serta oleh industri perikanan dalam perencanaan operasional yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

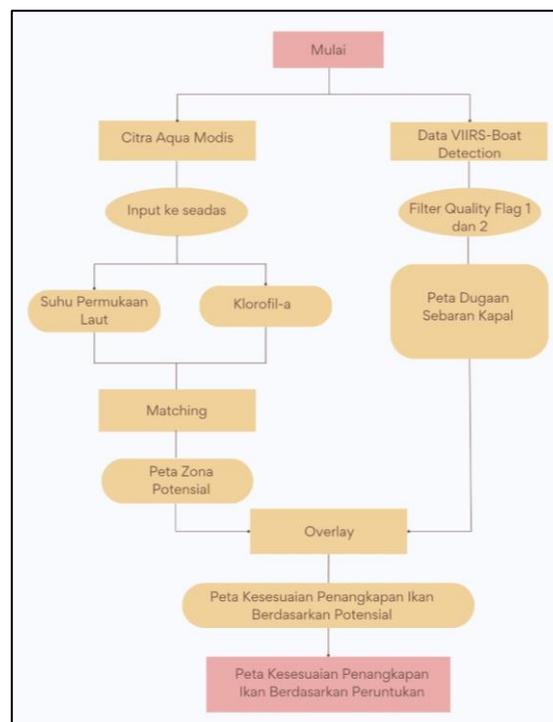
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah Maluku Utara dengan menggunakan pendekatan metode deskriptif kuantitatif serta memanfaatkan data sekunder sebagai sumber utama. Pendekatan deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik variabel dan fenomena yang terjadi di lokasi penelitian. Sementara itu, pendekatan kuantitatif dilakukan dengan cara mengumpulkan, mengolah, dan menginterpretasi data untuk memperoleh informasi ilmiah yang lebih mendalam (alimudi *et al.*, 2022). Tujuan dari penelitian deskriptif kuantitatif ini adalah untuk memprediksi potensi distribusi zona penangkapan ikan di wilayah Maluku Utara berdasarkan parameter oseanografi, yaitu suhu dan klorofil-a, pada musim barat Desember 2023.

Penelitian ini menggunakan data citra Aqua MODIS Desember tahun 2023, di mana data yang digunakan adalah data suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a. Data SPL dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pola suhu di permukaan laut, yang sering dikaitkan dengan distribusi ikan, sedangkan data klorofil-a digunakan untuk menentukan konsentrasi fitoplankton sebagai indikator produktivitas primer laut yang memengaruhi lokasi potensi penangkapan ikan. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang telah tersedia secara

daring dan kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan beberapa perangkat lunak. ArcGIS digunakan untuk memproses data spasial, seperti Memangkas data kawasan yang relevan dengan area penelitian, melakukan *overlay* data untuk menggabungkan berbagai lapisan informasi spasial, dan membuat *layout* peta hasil prediksi zona potensi penangkapan ikan. Microsoft Excel dimanfaatkan untuk membersihkan dan memperbaiki data, termasuk mengoreksi nilai NaN (*Not a Number*) yang muncul akibat data yang hilang atau tidak valid. Selain itu, XLStat digunakan untuk melakukan analisis statistik, khususnya regresi parameter oseanografi, guna mengidentifikasi hubungan antara SPL dan klorofil-a dengan keberadaan ikan. Bahan penelitian ini diperoleh dari dua sumber utama, yaitu data citra satelit Aqua MODIS yang diperoleh dari NASA *Ocean Color* serta peta administrasi dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang digunakan untuk memastikan ketepatan lokasi dan batas wilayah pada peta penelitian (alimudi *et al.*,2022).

Penelitian ini juga memanfaatkan teknologi *VIIRS-Boat Detection* (VBD) sebuah sistem yang berfungsi untuk mendeteksi lokasi kapal, yang sering dianggap sebagai indikator aktivitas penangkapan ikan di laut (Saputra, 2020). Teknologi ini sangat berguna dalam mengidentifikasi area penangkapan ikan yang luas dan sulit dijangkau secara manual. Berdasarkan informasi dari laman *Earth Observation Group, Day/Night Band* (DNB) pada satelit VIIRS mampu mendeteksi sumber cahaya di permukaan bumi, termasuk kapal-kapal yang menggunakan cahaya untuk penerangan. Deteksi ini sangat berguna untuk memantau aktivitas kapal pada malam hari, yang sering kali tidak terdeteksi oleh metode pemantauan tradisional. Dengan kemampuan ini, teknologi DNB memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengawasan dan pengelolaan perikanan. Selanjutnya, keberadaan kapal yang menggunakan cahaya dalam operasi penangkapan ikan diidentifikasi menggunakan data dari *VIIRS-Boat Detection* yang diunduh melalui laman NOAA dan divisualisasikan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Setelah daerah sebaran ikan dan distribusi kapal diketahui, keduanya dianalisis untuk mendapatkan informasi lokasi penangkapan ikan di daerah dengan potensi sebaran ikan. Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

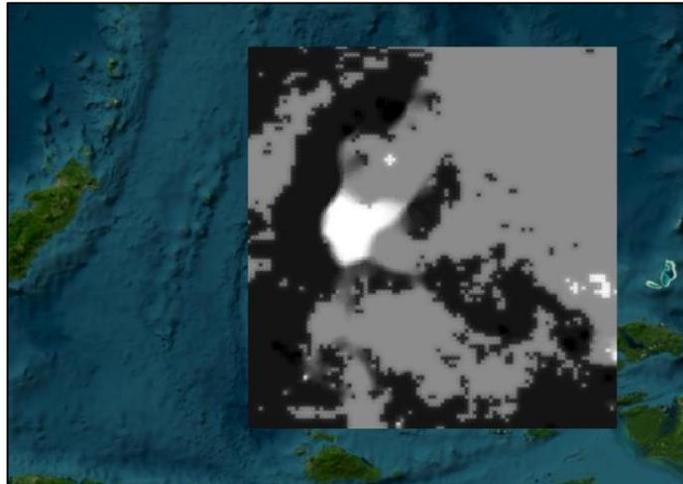


Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Permukaan Laut (SST)

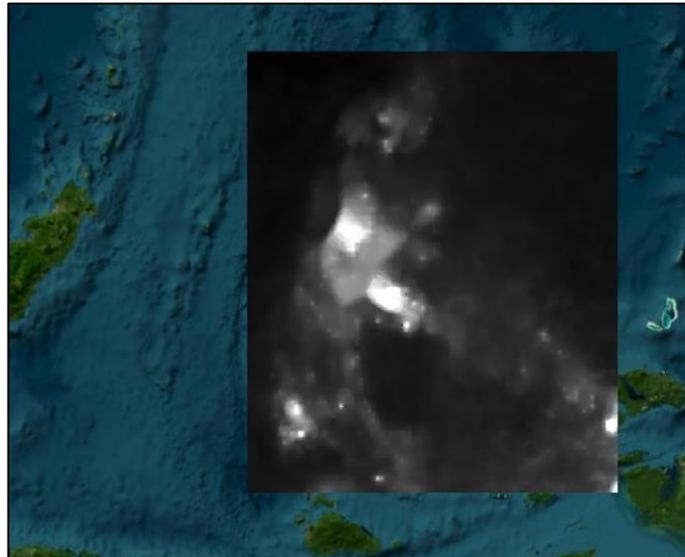
Sebaran Permukaan Suhu pada Desember 2023, mengalami variasi yang signifikan menunjukkan fenomena El Niño dengan intensitas moderat yang ditunjukkan oleh indeks Nino 3.4 yang mencapai +1,61. Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah tersebut telah mengalami pemanasan yang cukup besar. Ada pergerakan uap air dari Indonesia ke Samudra Hindia, menurut nilai positif indeks dipole mode (IOD) sebesar +0,98. Suhu permukaan laut adalah parameter penting lainnya, karena ikan selar memiliki preferensi suhu tertentu. Suhu air memengaruhi metabolisme ikan dan distribusi plankton, yang pada akhirnya mempengaruhi kehadiran ikan selar di perairan tertentu.



Gambar 2. Peta sebaran suhu permukaan laut di perairan maluku utara bulan Desember 2023

Chlorophyll-a (CHL)

Salah satu indikator produktivitas lautan adalah klorofil-a, yang menunjukkan berapa banyak plankton yang ada di perairan. Plankton adalah sumber makanan utama bagi banyak spesies ikan, termasuk ikan selar. Daerah dengan konsentrasi klorofil-a tinggi biasanya menunjukkan perairan yang produktif, yang berarti bahwa daerah-daerah ini lebih cocok untuk habitat ikan selar. Selama musim barat (Desember hingga Februari), konsentrasi klorofil-a di perairan Maluku Utara cenderung berubah seiring dengan perubahan musim. Distribusi nutrisi di perairan dapat dipengaruhi oleh peningkatan aktivitas angin dan arus, yang pada gilirannya mempengaruhi konsentrasi klorofil-a. Peningkatan SPL dapat menyebabkan stratifikasi lapisan air, mengurangi upwelling, dan menurunkan pasokan nutrisi ke perairan. Dalam peta Maxent, area dengan konsentrasi klorofil-a tinggi mungkin akan muncul dengan warna intensitas tinggi (merah) yang menunjukkan potensi penangkapan tinggi.



Gambar 3. Peta sebaran klorofil-a di perairan Maluku utara bulan Desember 2023

Penggabungan parameter seperti klorofil-a (*chlorophyll-a* atau Chl) dan suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature* atau SST) merupakan pendekatan yang umum dalam pemodelan menggunakan Maxent untuk menentukan potensi sebaran ikan, karena kedua parameter ini sangat mempengaruhi kondisi habitat ikan pelagis seperti ikan selar. Dengan menggabungkan parameter Chl dan SST dalam model Maxent, kita dapat menghasilkan peta sebaran DPPI yang lebih akurat. Penggabungan ini akan memperlihatkan area yang memiliki tingkat kesesuaian tinggi karena memenuhi kedua syarat penting: tingginya produktivitas (Chl) dan suhu yang optimal (SST). Penggabungan parameter Chl dan SST dalam model Maxent memberikan prediksi yang lebih presisi dalam menentukan DPPI bagi ikan selar, dengan area yang ditandai dengan warna intens (seperti merah) di peta menunjukkan daerah dengan potensi sebaran yang tinggi untuk penangkapan yang optimal. Pola sebaran yang berpusat pada jalur pelayaran strategis mendukung konektivitas antarwilayah seperti Halmahera, Ternate, dan Tidore ditunjukkan pada peta distribusi titik VBD kapal di Maluku Utara. Data ini terkait dengan sebaran suhu permukaan laut (DPPI) di Maluku Utara pada Desember 2023. Suhu permukaan laut lebih hangat di perairan dangkal dan selat-selat sempit di antara pulau-pulau, menunjukkan aktivitas kapal yang tinggi yang memengaruhi lingkungan lokal.

Tingginya aktivitas kapal di kluster wilayah padat, seperti Ternate dan Tidore, dapat berdampak pada dinamika suhu laut karena kapal-kapal yang melintas sering kali meningkatkan agitasi air dan menghasilkan panas tambahan di perairan sekitar. Selain itu, interaksi pola distribusi kapal dengan DPPI dapat memberikan gambaran tentang potensi risiko lingkungan, seperti pemanasan lokal yang memengaruhi ekosistem laut di daerah yang padat aktivitas kapal. Sebaliknya, di daerah dengan konsentrasi kapal yang lebih rendah, seperti timur laut Halmahera, suhu permukaan laut cenderung lebih stabil dan mendukung keberlanjutan ekosistem, yang mungkin menjadi alasan aktivitas ekonomi di daerah tersebut meningkat.

VIIRS Boat Detection (VBD)

Sangat penting untuk memahami pola hubungan VBD kapal dan DPPI ini untuk

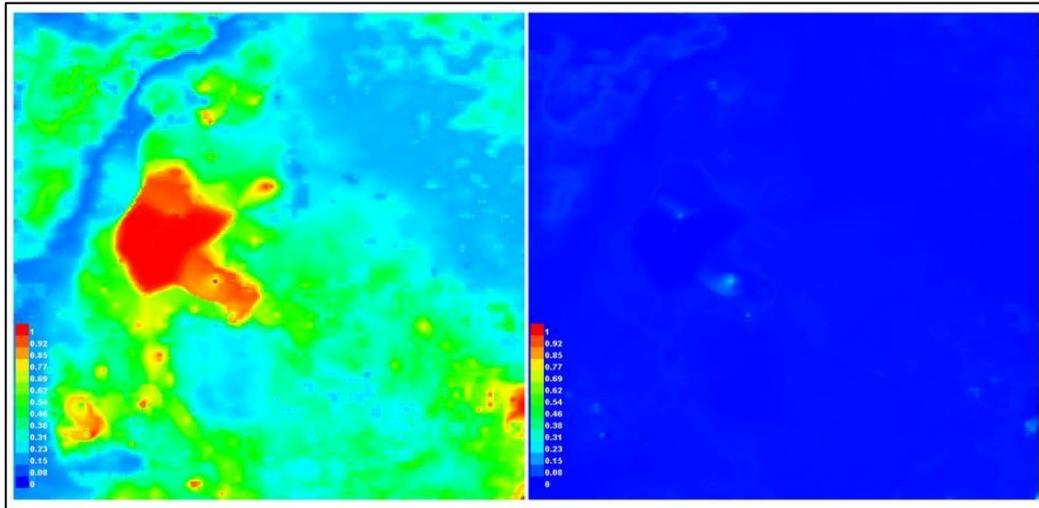
manajemen perairan yang berkelanjutan. Untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan transportasi laut dan pelestarian lingkungan di Maluku Utara, tindakan mitigasi seperti mengatur jalur pelayaran untuk mengurangi efek panas dari aktivitas kapal dan melestarikan daerah dengan suhu stabil dan aktivitas kapal yang rendah dapat membantu.



Gambar 4. Peta sebaran kapal di perairan maluku utara berdasarkan VBD bulan Desember 2023

Daerah Penangkapan Potensial Ikan (DPPI)

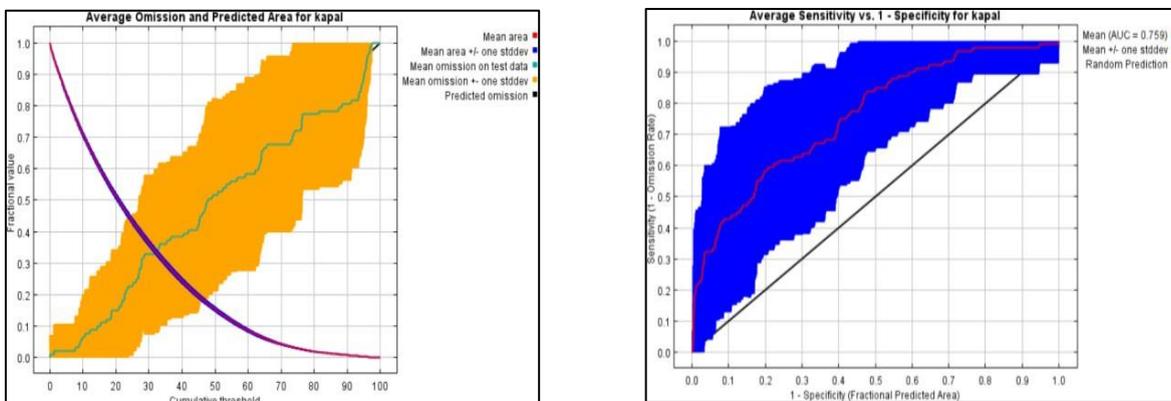
Pada gambar ini di sebelah kiri, rentang HSI ditunjukkan, dengan nilai 1 menunjukkan titik sebagai DPPI lokasi yang paling ideal berdasarkan analisis titik sebaran ikan selar dan parameter gabungan dari hasil analisis MaxEnt. Warna merah dan oranye menunjukkan nilai prediksi tinggi yang menunjukkan area dengan probabilitas tinggi sebagai habitat potensial ikan selar sedangkan warna hijau dan biru menunjukkan nilai prediksi yang lebih rendah. Area merah terletak di tempat-tempat tertentu di mana kondisi lingkungan mungkin mendukung keberadaan ikan selar atau aktivitas ikan. Selain itu, area dengan deviasi rendah ditampilkan warna biru pada peta deviasi standar yang menunjukkan konsistensi hasil prediksi model untuk area ini di seluruh 30 grid keluaran ini menunjukkan bahwa model MaxEnt menghasilkan hasil prediksi yang stabil di area dengan deviasi rendah. Di sisi lain, area dengan deviasi standar yang lebih tinggi meskipun kecil menunjukkan bahwa ada variabilitas dalam prediksi di beberapa area.



Gambar 5. Heatmap ikan selar pada musim barat

Hasil Uji Mode

Kurva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) menunjukkan kinerja model dalam membedakan antara kelas positif (ada kapal) dan kelas negatif (tidak ada kapal) pada berbagai threshold prediksi. Performa model meningkat jika kurva lebih dekat ke sudut kiri atas. Dengan probabilitas 75,9% bahwa model akan memberikan skor prediksi lebih tinggi untuk kelas positif daripada kelas negatif, model menunjukkan kemampuan yang cukup baik untuk membedakan kedua kelas, seperti yang ditunjukkan oleh nilai AUC (*Area Under the Curve*) sebesar 0,759. Meskipun demikian, kinerja model masih dapat ditingkatkan. Selain itu, gambar heatmap menunjukkan distribusi spasial kemungkinan keberadaan kapal. Pada heatmap, warna yang lebih terang menunjukkan area dengan kemungkinan tinggi keberadaan kapal, sedangkan warna yang lebih gelap menunjukkan area dengan kemungkinan rendah keberadaan kapal. Dengan menggabungkan informasi dari kurva ROC dan heatmap, dapat disimpulkan bahwa model melakukan pekerjaan yang cukup baik untuk mengidentifikasi keberadaan kapal. Namun, untuk meningkatkan akurasi prediksi, diperlukan beberapa langkah tambahan, seperti menambah data pelatihan representatif, mengoptimalkan parameter model, dan menemukan ambang optimal kurva ROC.

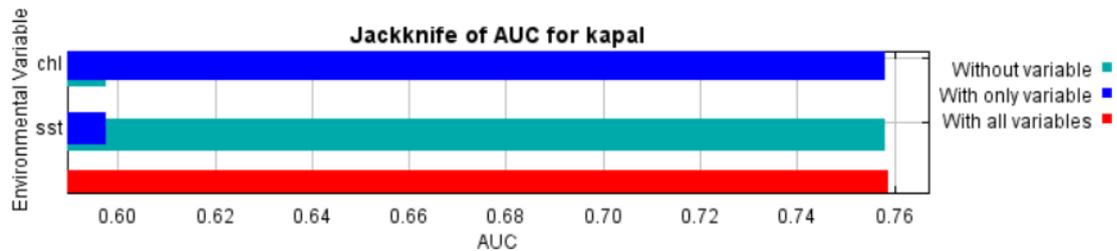


Gambar 6. Kurva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) kapal

Nilai Jackknife

Setiap variabel lingkungan klorofil (chl) dan suhu permukaan laut (sst) berkontribusi terhadap model prediksi kapal dengan menggunakan uji pisau jackknife, seperti yang ditunjukkan dalam gambar di atas. Tiga kondisi berbeda digunakan dalam uji ini. Yang pertama adalah "Tanpa Variabel", yang berarti nilai AUC ketika variabel tersebut dihilangkan dari model, yang ditunjukkan dengan warna biru muda. Jika AUC menurun secara signifikan tanpa variabel ini, variabel tersebut dianggap penting bagi model. Kedua, "Dengan Satu Variabel" nilai AUC ketika model hanya menggunakan satu variabel ditunjukkan dengan warna hijau dan menunjukkan seberapa besar kontribusi satu variabel dalam membangun model tanpa pengaruh dari variabel lain. Ketiga, "Dengan Semua Variabel" nilai AUC ketika model menggunakan semua variabel dalam model, ditunjukkan dengan warna merah. Hasilnya menunjukkan bahwa masing-masing variabel memberikan pengaruh tertentu terhadap model. Nilai AUC keseluruhan adalah sekitar 0,76, dan variabel yang memiliki nilai AUC yang lebih besar saat digunakan secara tunggal memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap prediksi model.

Lastly, we have the same jackknife test, using AUC on test data.

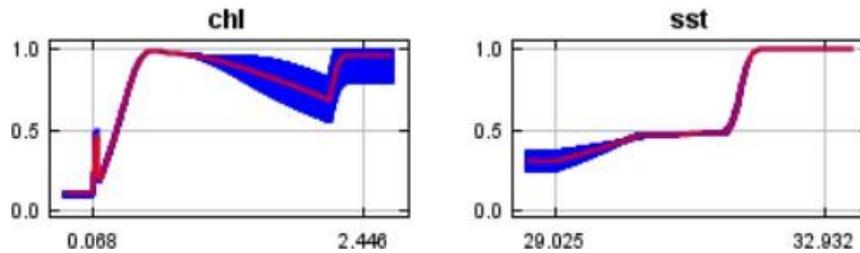


Gambar 7. Grafik *Jackknife* (model prediksi kapal) pada bulan Desember 2023

(Sumber : Peneliti 2024)

Response Curves

Kurva respons menggambarkan hubungan antara variabel lingkungan, yaitu chl (klorofil-a) dan sst (suhu permukaan laut) dengan probabilitas keberadaan suatu objek. Pada kurva chl, probabilitas keberadaan objek meningkat secara signifikan pada konsentrasi klorofil-a rendah hingga mencapai nilai sekitar 2,0 tetapi mulai menurun setelah melewati ambang tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi klorofil-a mendukung keberadaan objek hanya sampai pada tingkat tertentu, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi menjadi kurang mendukung. Ketidakpastian pada model terlihat lebih besar pada nilai klorofil-a tinggi yang ditunjukkan oleh area biru yang melebar kemungkinan akibat keterbatasan data atau variasi yang tinggi pada rentang tersebut. Sementara itu, pada kurva sst probabilitas keberadaan objek secara bertahap meningkat seiring naiknya suhu permukaan laut dari sekitar 20°C hingga 30°C, kemudian stabil mendekati nilai maksimal. Hubungan antara suhu dan probabilitas keberadaan objek lebih konsisten sebagaimana ditunjukkan oleh area biru yang sempit. Secara keseluruhan, kurva respons ini mengilustrasikan bahwa konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut berpengaruh secara signifikan terhadap keberadaan objek, dengan preferensi lingkungan yang spesifik. Data ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi wilayah dengan kondisi lingkungan yang optimal serta meningkatkan akurasi model melalui validasi tambahan dan penambahan data pada rentang yang memiliki ketidakpastian tinggi.



Gambar 8. Kurva respons suhu permukaan laut dan klorofil-a

(Sumber : Peneliti 2024)

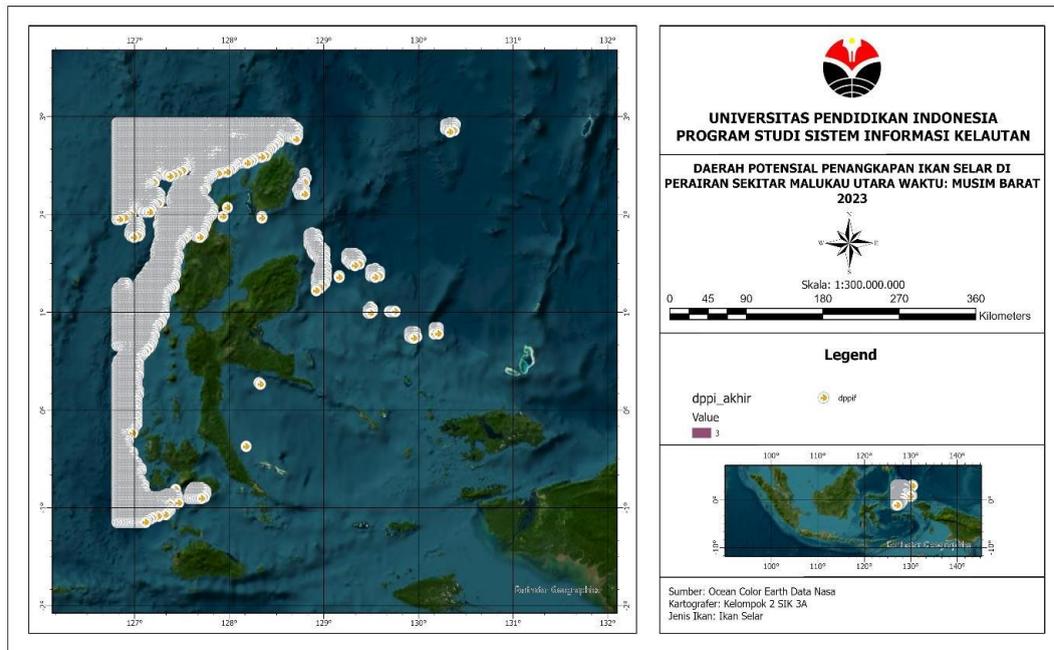
Table persentase

Tabel di atas menyajikan dua metrik utama yang digunakan untuk menilai pengaruh variabel lingkungan dalam model prediksi, yaitu percent contribution dan permutation importance. *Percent Contribution* menggambarkan seberapa besar peran setiap variabel dalam pembentukan model, yang ditentukan oleh algoritma yang diterapkan selama pelatihan. Dalam tabel ini, chl (klorofil-a) memiliki kontribusi terbesar sebesar 86,7%, menunjukkan bahwa variabel ini adalah faktor utama dalam memprediksi keberadaan objek. Di sisi lain, sst (suhu permukaan laut) hanya memberikan kontribusi sebesar 13,3%, menunjukkan pengaruh yang lebih kecil terhadap hasil prediksi. *Permutation Importance* mengukur sejauh mana variabel memengaruhi akurasi model dengan cara merandom nilai variabel tersebut dan mengevaluasi perubahan pada hasil prediksi. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan pentingnya variabel tersebut untuk menjaga performa model. chl memiliki nilai permutation importance sebesar 91,1%, yang menegaskan bahwa variabel ini sangat penting bagi akurasi prediksi, sementara sst memiliki nilai lebih rendah, yaitu 8,9%, yang menunjukkan pengaruhnya yang lebih kecil terhadap model. Berdasarkan kedua metrik tersebut, chl jelas merupakan variabel yang paling dominan dalam model ini, yang mengindikasikan bahwa keberadaan objek sangat dipengaruhi oleh produktivitas primer laut yang tercermin dalam konsentrasi klorofil-a. Meskipun kontribusi dan pentingnya sst lebih kecil, suhu permukaan laut tetap berperan karena dapat mempengaruhi distribusi objek secara tidak langsung melalui perubahan kondisi lingkungan. Ketergantungan tinggi pada chl menunjukkan bahwa model sangat sensitif terhadap variabel ini, sehingga perubahan kecil dalam data chl bisa menyebabkan perubahan signifikan dalam prediksi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keseimbangan model, diversifikasi variabel atau penambahan variabel lingkungan lain mungkin diperlukan. Beberapa rekomendasi untuk mengoptimalkan model termasuk pengumpulan data sst yang lebih representatif, penambahan variabel lingkungan lain seperti salinitas atau kedalaman laut, serta melakukan validasi tambahan untuk menghindari bias yang berfokus pada satu variabel saja. Secara keseluruhan, chl adalah variabel paling penting dalam memprediksi keberadaan objek, sementara suhu laut memberikan pengaruh tambahan yang lebih kecil. Optimalisasi model bisa dilakukan dengan memperbaiki cakupan data atau menambah variabel relevan lainnya.

Tabel 1 Hasil presentase kontribusi dan permutasi suhu permukaan laut dan klorofil-a

Variable	Percent Contribution	Permutation Importance
chl	86.7	91.1
sst	13.3	8.9

(Sumber: Peneliti, 2024)



Gambar 9. Prediksi Zona Potensial Penangkapan Ikan Selar di Perairan Maluku Utara pada Musim Barat

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memetakan wilayah potensial penangkapan ikan selar di Maluku Utara selama Musim Barat dengan integrasi data suhu permukaan laut, klorofil-a, dan aktivitas kapal, mendukung pengelolaan perikanan berkelanjutan. Dengan analisis faktor utama seperti suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a menggunakan model MaxEnt, studi ini menghasilkan peta akurat untuk mendukung pengelolaan perikanan berkelanjutan dan meningkatkan efektivitas penangkapan ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Karena berkat, rahmat dan karunia serta mukjizat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini. Proses penyusunan artikel ilmiah ini melibatkan pemahaman konsep, analisis mendalam, serta sintesis dari berbagai sumber informasi terkait. Meskipun terdapat kendala-kendala selama proses penyusunan, namun dengan kerja keras, ketekunan, dan semangat pembelajaran yang berkelanjutan, makalah ini berhasil diselesaikan. Kami juga ingin mengungkapkan penghargaan tinggi kepada semua pihak yang memberikan dukungan, inspirasi, dan bimbingan selama proses penulisan. Terima kasih kepada Ayang Armelita Rosalia, S.Pi., M.Si. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang sangat berharga selama proses penyusunan artikel ilmiah ini. Artikel ilmiah ini tentu

masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga artikel ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pemahaman dan pengembangan ilmu pengetahuan. Sebagai penutup, harapan kami adalah agar artikel ini dapat menjadi sumber bacaan yang informatif dan menginspirasi bagi pembaca. Semoga ilmu yang disajikan di dalamnya dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan masyarakat pada umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, M. A., & Burhanuddin, A. (2023). Potensi kekayaan dan keberagaman maritim di wilayah Papua dalam upaya mendorong kesejahteraan rakyat. *Mandub: Jurnal Politik, Sosial, Hukum dan Humaniora*, 1(4), 157–176. <https://doi.org/10.59059/mandub.v1i4.607>
- Asokhiwa, Z., Susanti, N. M., Tillah, R., Laoli, D., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., Dawolo, J., Zebua, O., & Gea, A. S. A. (2024). Strategi inovatif dalam menghadapi degradasi ekosistem: Kajian terbaru tentang peran vital hutan mangrove dalam konservasi lingkungan. *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 2(2), 71–83. <https://doi.org/10.62951/zoologi.v2i2.65>
- Asri, H. (2024). Pemanfaatan citra satelit Aqua MODIS untuk prediksi wilayah potensial penangkapan ikan pelagis di perairan Kabupaten Pasangkayu. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari (JIWaLL)*, 2(1), 8–21. <https://doi.org/10.33096/jiwall.v2i1.502>
- Azizah, A., & Wibisana, H. (2020). Analisa temporal sebaran suhu permukaan laut tahun 2018 hingga 2020 dengan data citra TERRA MODIS. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(3), 196–205. <https://doi.org/10.21107/jk.v13i3.7550>
- Kainama, T. L. J., Hamuna, B., & Dimara, L. (2019). Nilai ekonomi ikan pelagis hasil tangkapan nelayan di perairan Teluk Youtefa, Kota Jayapura. *Acropora: Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, 2(2), 70–74. <https://doi.org/10.31957/acr.v2i2.1068>
- Nugraha, T. S., Khan, A. M. A., Pratama, R. I., & Apriliani, I. M. (2019). Analisis keterkaitan parameter oseanografi terhadap upaya penangkapan ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) yang didaratkan di PPN Kejawan Cirebon. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, X(2), 17–21.
- Nugraheni, A. D., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Maslukah, L. (2022). Sebaran klorofil-a secara horizontal di perairan Muara Sungai Jajar, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 221–230. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.40004>
- Rais, Soumokil, Rahawarin, & Leiwakabessy. (2024). Persepsi masyarakat nelayan dalam menghadapi perubahan iklim ditinjau dalam aspek sosial ekonomi di Dusun Pulau Osi, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Darma Agung*, 32(2), 39–48. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v32i4.4566>
- Simon Tubalawonya, D., Kalaya, D. E., & Buamonaa, Z. Z. (2023). Variabilitas suhu dan salinitas di Laut Halmahera. *Jurnal Laut Pulau*, 2(2), 6–16.
- Alamudi, M. H., Suharno, S., & Bambang, B. (2022). Kajian pelarangan penggunaan alat tangkap ikan cantrang dan sejenisnya terhadap hasil tangkapan ikan nelayan. *Midyear International Conference*, 1(01).
- Fadhila, A. B. N. (2023). Analisis deteksi light fishing menggunakan sensor VIIRS pada daerah penangkapan ikan di perairan Utara Tegal (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Diponegoro.

- BMKG. (2023). Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah Sulawesi Maluku. Vol. 01 No. 12, Desember 2023.
- Hidayat, M. A. (2024). Optimalisasi pemanfaatan potensi laut guna mendukung pengembangan ekonomi biru dalam rangka ketahanan nasional. Kertas Karya Ilmiah Perseorangan (Taskap), Program Pendidikan Reguler Angkatan (PPRA) LXVI. Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia.