



Analisis Sebaran Spasial Daerah Penangkapan Ikan Terbang Di Perairan Arafura Pendekatan Prameter Oceanografi Metode Maxent

Spatial Distribution Analysis of Flying Fish Catching Areas in the Arafura Sea Using an Oceanographic Parameter Approach with the Maxent Method

Bagas Ardi^{1*}, Ibrahim R¹, Nabil Abithah¹, Najwa Lutfi¹, Sila Serilda¹

¹⁾Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia, Kamda Serang,

*E-mail : officialupiserang@gmail.com

Received : 10 December 2024 ; Accepted : 25 December 2024

Published: 30 December 2024 © Author(s) 2024. This article is open access

Abstract

The analysis of the spatial distribution patterns of flying fish (*Hirundichthys oxycephalus*) in the Arafura Sea is the main objective of this research, conducted using the Maximum Entropy (MaxEnt) methodology while considering oceanographic aspects. The data used includes the presence points of flying fish and oceanographic parameters such as sea surface temperature and chlorophyll-a concentration obtained from MODIS satellite imagery during the period from December 2023 to May 2024. The research results show that the MaxEnt model has good performance with an Area Under Curve (AUC) value of 0.748. The chlorophyll-a parameter contributes the most to the distribution of flying fish (69.8%) with a permutation importance value of 58.5%, while sea surface temperature contributes 30.2% with a permutation importance value of 41.5%. The potential fishing areas are concentrated in the central part of the Arafura Sea, with 66.10% of the catch points located in the Habitat Suitability Index (HSI) zone of 0.5-0.8. Flying fish show a habitat preference in the optimal temperature range of 29-31°C with a presence probability reaching 0.8-0.9. Jackknife analysis confirms that the combination of sea surface temperature and chlorophyll-a parameters produces a more accurate predictive model compared to the use of individual parameters. This predictive model can be used as a reference to optimize flying fish capture activities efficiently and sustainably in the Fisheries Management Area (WPP) 718.

Keywords : Flying fish, Maximum Entropy (MaxEnt), Oceanographic parameters, Arafura Sea, Habitat Suitability Index (HSI).

Abstrak

Analisis pola persebaran spasial daerah tangkapan ikan terbang (*Hirundichthys oxycephalus*) di kawasan Perairan Arafura merupakan tujuan utama penelitian ini, yang dilakukan menggunakan metodologi Maximum Entropy (MaxEnt) dengan mempertimbangkan aspek-aspek oseanografi.. Data yang digunakan meliputi titik keberadaan ikan terbang dan parameter oseanografi berupa suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a yang diperoleh dari citra satelit MODIS selama periode Desember 2023 hingga Mei 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model MaxEnt memiliki performa yang baik dengan nilai Area Under Curve (AUC) sebesar 0,748. Parameter klorofil-a memberikan kontribusi terbesar terhadap distribusi ikan terbang (69,8%) dengan nilai permutation importance 58,5%, sementara suhu permukaan laut berkontribusi 30,2% dengan nilai permutation importance 41,5%. Daerah potensial penangkapan ikan terkonsentrasi di bagian tengah Perairan Arafura, dengan 66,10% titik penangkapan berada pada zona Habitat Suitability Index (HSI) 0,5-0,8. Ikan terbang menunjukkan preferensi habitat pada kisaran suhu optimal 29-31°C dengan probabilitas kehadiran mencapai 0,8-0,9. Analisis Jackknife mengkonfirmasi bahwa kombinasi parameter suhu permukaan laut dan klorofil-a menghasilkan model prediksi yang lebih akurat dibandingkan penggunaan parameter secara individual. Model prediksi ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengoptimalkan kegiatan penangkapan ikan terbang secara efisien dan berkelanjutan di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718.

Kata kunci : Ikan terbang, Maximum Entropy (MaxEnt), Parameter oseanografi, Perairan Arafura, Habitat Suitability Index (HSI).

1. Pendahuluan

Perairan Arafura merupakan salah satu Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718 yang memiliki potensi sumber daya perikanan yang sangat besar dan beragam. Salah satu komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomis penting di perairan ini adalah ikan terbang (*Hirundichthys oxycephalus*). Ikan terbang merupakan ikan pelagis yang hidup di lapisan permukaan hingga kolom air perairan. Ikan ini memiliki ciri khas berupa sirip dada yang panjang menyerupai sayap yang memungkinkannya untuk melompat dan "terbang" di atas permukaan air. Sebagai ikan pelagis, distribusi dan kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh kondisi oseanografi permukaan laut, terutama suhu permukaan laut yang mempengaruhi metabolisme dan tingkah laku ikan, serta konsentrasi klorofil-a yang mengindikasikan ketersediaan makanan berupa plankton. Di Perairan Arafura, ikan terbang ditemukan melimpah karena karakteristik oseanografi yang sesuai dengan preferensi habitatnya, yakni perairan hangat dengan suhu optimal 29-31°C dan produktivitas primer yang tinggi. Spesies ini tidak hanya menjadi target penangkapan untuk dagingnya, tetapi juga telurnya yang memiliki nilai ekspor tinggi ke berbagai negara seperti Jepang, Korea, dan Taiwan (Syahailata et al., 2020). Dalam upaya pengelolaan sumber daya ikan terbang secara berkelanjutan, pemahaman tentang distribusi spasial dan temporal species ini menjadi sangat penting. Distribusi ikan terbang sangat dipengaruhi oleh parameter oseanografi seperti suhu permukaan laut (SPL), konsentrasi klorofil-a, salinitas, dan arus (Zainuddin et al., 2021). Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) telah memungkinkan untuk menganalisis hubungan antara parameter oseanografi dengan sebaran ikan secara lebih komprehensif. *Maximum Entropy* (Maxent) merupakan salah satu metode pemodelan distribusi spesies yang telah terbukti efektif dalam memprediksi habitat potensial berbagai organisme laut. Metode ini menggunakan pendekatan *machine learning* yang dapat menganalisis hubungan antara lokasi keberadaan spesies dengan variabel lingkungan untuk menghasilkan prediksi distribusi geografis (Phillips et al.,

2022). Keunggulan Maxent dibandingkan metode lain adalah kemampuannya untuk menghasilkan model yang akurat meskipun dengan data *presence-only* yang terbatas. Penelitian terkini oleh Rahman et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan Maxent yang diintegrasikan dengan data oseanografi dari satelit dapat menghasilkan peta prediksi

daerah penangkapan ikan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, studi komprehensif tentang aplikasi metode ini untuk ikan terbang di Perairan Arafura masih terbatas, terutama yang mempertimbangkan dinamika temporal parameter oseanografi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran spasial daerah penangkapan ikan terbang di Perairan Arafura menggunakan pendekatan parameter oseanografi dengan metode Maxent. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat tentang daerah potensial penangkapan ikan terbang, yang pada gilirannya dapat mendukung pengelolaan perikanan yang lebih efisien dan berkelanjutan di WPP 718.

Rumusan masalah

Perairan Arafura merupakan salah satu wilayah potensial untuk penangkapan ikan terbang (*Hirundichthys oxycephalus*), namun pola distribusi spasial dan temporal spesies ini belum dipetakan secara komprehensif menggunakan pendekatan parameter oseanografi. Penentuan daerah penangkapan ikan terbang di wilayah ini masih dilakukan secara konvensional berdasarkan pengalaman nelayan, sehingga efisiensi dan efektivitas operasi penangkapan belum optimal. Meskipun telah diketahui bahwa parameter oseanografi seperti suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan salinitas memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi ikan terbang, namun pemahaman tentang bagaimana parameter-parameter ini berinteraksi dan mempengaruhi sebaran spasial ikan terbang di Perairan Arafura masih terbatas.

Penggunaan metode *Maximum Entropy* (Maxent) telah terbukti efektif dalam memodelkan distribusi spesies laut di berbagai wilayah perairan, tetapi aplikasinya untuk prediksi sebaran ikan terbang di Perairan

Arafura belum banyak dieksplorasi. Dengan mempertimbangkan kompleksitas interaksi antara parameter oceanografi dan dinamika populasi ikan terbang, diperlukan analisis mendalam tentang bagaimana metode Maxent dapat dioptimalkan untuk menghasilkan model prediksi yang akurat. Selain itu, perlu juga dikaji bagaimana variabilitas temporal parameter oceanografi mempengaruhi pola sebaran spasial ikan terbang, serta sejauh mana model yang dihasilkan dapat diaplikasikan untuk mendukung kegiatan penangkapan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Tujuan

Tujuan Umum Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran spasial daerah penangkapan ikan terbang (*Hirundichthys oxycephalus*) di Perairan Arafura menggunakan pendekatan parameter oceanografi dengan metode Maximum Entropy (Maxent). Tujuan Khusus sebagai berikut :

1. Menganalisis karakteristik parameter oceanografi (suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan salinitas) di Perairan Arafura yang berpengaruh terhadap distribusi ikan terbang.
2. Mengidentifikasi hubungan antara parameter oceanografi dengan keberadaan ikan terbang di Perairan Arafura menggunakan metode Maxent.
3. Memetakan dan menganalisis pola sebaran spasial daerah potensial penangkapan ikan terbang berdasarkan parameter oceanografi di Perairan Arafura.
4. Mengembangkan model prediksi daerah penangkapan ikan terbang berbasis parameter oceanografi menggunakan metode Maxent yang dapat diaplikasikan untuk mendukung kegiatan penangkapan yang efisien.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode *Maximum Entropy* (Maxent) untuk memodelkan distribusi spasial ikan terbang (*Hirundichthys oxycephalus*) berdasarkan parameter oceanografi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah

potensial penangkapan ikan terbang di Perairan Arafura dengan memanfaatkan data lingkungan dan data keberadaan ikan.

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi: Perairan Arafura, bagian dari Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718.

Waktu Penelitian: Data oceanografi dikumpulkan untuk periode Desember 2023 hingga Mei 2024, yang mencakup musim penangkapan ikan terbang.

2.2 Data Penelitian

Data Keberadaan Ikan Terbang

Sumber Data: Data titik keberadaan ikan terbang diperoleh melalui pendekatan parameter oceanografi.

Format Data: Data keberadaan ikan diolah menjadi format CSV agar kompatibel dengan perangkat lunak Maxent.

2.3 Data Parameter Oceanografi

Parameter Utama:

Suhu permukaan laut (SPL).

Konsentrasi klorofil-a.

Salinitas.

Sumber Data: Data oceanografi diperoleh dari citra satelit MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)

Proses Pengolahan:

Data diunduh dan diolah menggunakan perangkat lunak GIS (ArcGIS Pro) untuk menghasilkan peta parameter spasial.

Data lingkungan dikonversi menjadi format ASCII menggunakan teknik interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*).

Data Pendukung :

Peta batas wilayah administratif (*shapefile*) dan data topografi dasar laut digunakan sebagai referensi spasial tambahan.

2.4 Alat dan Perangkat Lunak

Maxent 3.4.4: Untuk pemodelan distribusi spesies berbasis entropi maksimum.

ArcGIS Pro: Untuk pengolahan data spasial dan konversi format.

Microsoft Excel: Untuk pengolahan data tabular, penggabungan data, dan format ulang ke CSV.

Java Runtime Environment (JRE): Mendukung operasional perangkat lunak Maxent.

2.5 Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Data

Data titik keberadaan ikan terbang dikumpulkan.

Parameter oseanografi diunduh dari sumber satelit, lalu disiapkan untuk analisis spasial.

2. Pengolahan Data

Data keberadaan ikan diubah menjadi format kompatibel untuk Maxent (CSV).

Parameter oseanografi (SPL, klorofil-a, dan salinitas) diproses dalam ArcGIS untuk menghasilkan peta lingkungan dalam format ASCII dengan interpolasi IDW.

3. Pemodelan dengan Maxent

Input Data:

Data keberadaan ikan dalam format CSV.

Peta parameter lingkungan (SPL, klorofil-a, salinitas) dalam format ASCII.

Konfigurasi Parameter:

Jenis fitur: Linear, quadratic, hinge.

Proses Model:

Jalankan perangkat lunak Maxent untuk menghasilkan peta distribusi ikan terbang berbasis nilai *Habitat Suitability Index* (HSI).

4. Analisis dan Interpretasi Hasil

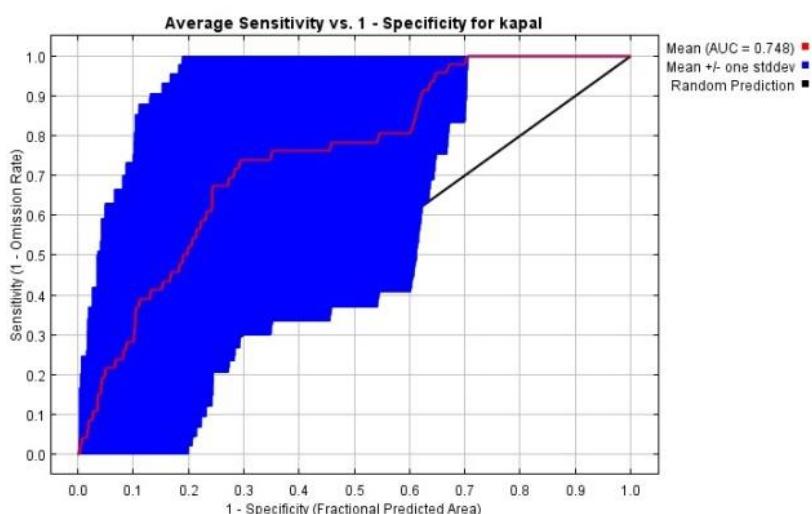
Peta distribusi hasil model dianalisis untuk menentukan daerah potensial penangkapan ikan.

Pola distribusi dibandingkan dengan data lapangan untuk validasi spasial.

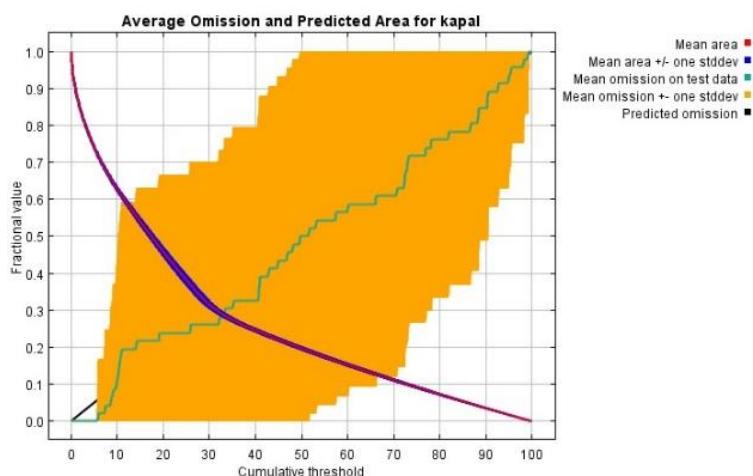
Evaluasi dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara parameter oseanografi dengan distribusi ikan terbang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Maxent



Gambar 1. Kurva ROC



Gambar 2. Average Omission and Predicted Area for kapal

Evaluasi Model Maxent dilakukan menggunakan kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) yang ditampilkan pada Gambar 1. Kurva ROC merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara sensitivity (*true positive rate*) pada sumbu Y dan 1-

Gambar 1. Kurva ROC merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara sensitivity (*true positive rate*) pada sumbu Y dan 1-

specificity (*false positive rate*) pada sumbu X. Hasil analisis menunjukkan bahwa model memiliki nilai *Area Under Curve* (AUC) sebesar 0,748. Nilai AUC ini mengindikasikan kemampuan model dalam membedakan area yang sesuai dan tidak sesuai untuk habitat ikan pelagis kecil. Menurut Siregar et al. (2019), nilai AUC >0,7 menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik dalam melakukan prediksi daerah penangkapan ikan.

Tabel 1. Nilai AUC (Area Under Curve)

Nilai AUC	Kategori Performa Model
0.9-1.0	Sangat Baik (Excellent)
0.8-0.9	Baik (Good)
0.7-0.8	Cukup (Fair)
0.6-0.7	Kurang (Poor)
0.5-0.6	Gagal (Fail)

Pada grafik ROC, garis merah menunjukkan performa aktual model, sementara area berwarna biru menggambarkan rentang deviasi standar dari nilai prediksi. Garis diagonal hitam merupakan garis acuan yang menunjukkan prediksi acak dengan nilai AUC = 0,5. Kurva ROC yang berada jauh di atas garis diagonal mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan diskriminasi yang lebih baik dibandingkan prediksi acak. Area biru yang relatif sempit menunjukkan konsistensi model dalam melakukan prediksi pada berbagai *threshold* yang berbeda. Hal ini sejalan dengan penelitian Syah et al. (2020) yang menyatakan bahwa konsistensi prediksi model dapat dilihat dari sebaran deviasi standar pada kurva ROC.

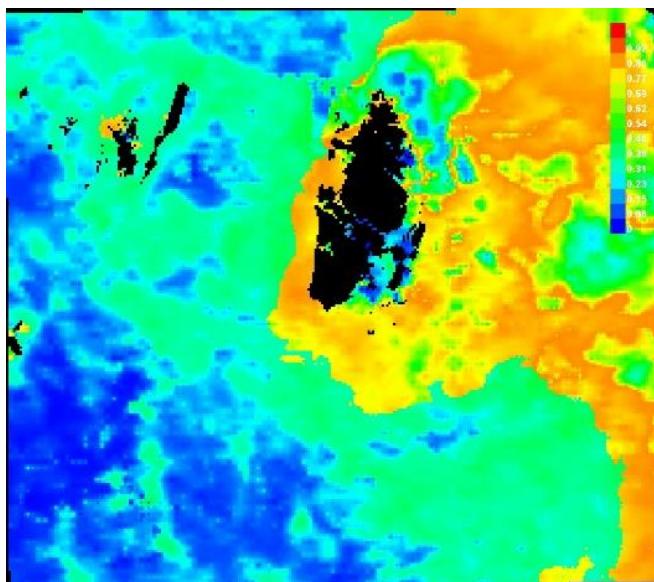
Gambar 2 menyajikan grafik hubungan antara *omission rate* dan *predicted area* berdasarkan *cumulative threshold*. Grafik ini sangat penting untuk mengevaluasi bagaimana model menyeimbangkan antara tingkat kesalahan prediksi (*omission errors*) dan luas area yang diprediksi sebagai habitat yang sesuai. Menurut Khatami & Setyobudiandi (2019), evaluasi omission rate sangat penting dalam menentukan akurasi prediksi daerah penangkapan ikan pelagis kecil. Garis merah pada grafik menunjukkan mean area, sementara area berwarna oranye menggambarkan rentang deviasi standar

untuk omission rate. Analisis pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa pada *threshold* rendah (0-10), model memprediksi area yang sangat luas sebagai habitat yang sesuai, namun dengan *omission rate* yang rendah. Seiring meningkatnya nilai *threshold* (10-50), terjadi penurunan *predicted area* yang cukup tajam, sementara omission rate meningkat secara *gradual*. Penelitian Lumban-Gaol et al. (2019) menunjukkan bahwa pemilihan *threshold* yang tepat sangat penting dalam menentukan akurasi prediksi daerah penangkapan ikan.

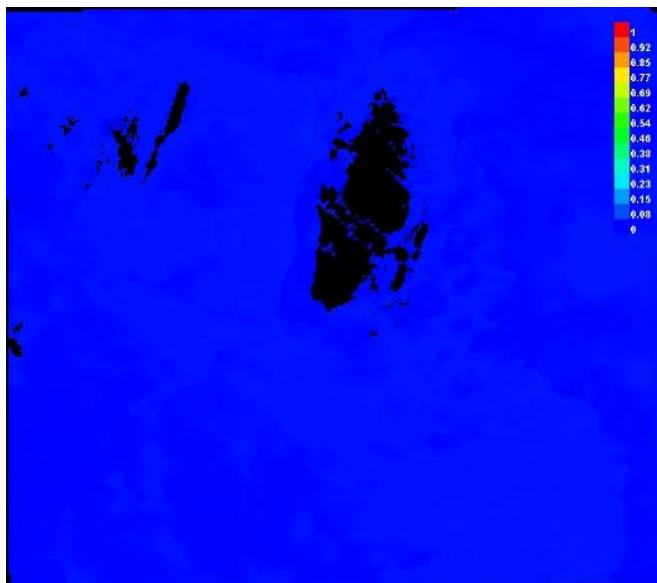
Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa pada *threshold* yang lebih tinggi (>50), *predicted area* terus menurun sementara omission rate meningkat secara signifikan. Hal ini sejalan dengan temuan Siregar et al. (2017) yang menyatakan bahwa penggunaan *threshold* yang terlalu tinggi dapat mengabaikan area-area potensial penangkapan ikan.

Hasil analisis menunjukkan variabilitas spasial yang signifikan dalam distribusi parameter oseanografi di Perairan Arafura. Gambar 3 memperlihatkan sebaran suhu permukaan laut (SPL) dengan gradasi warna dari biru (suhu rendah) hingga merah (suhu tinggi). Pola distribusi SPL menunjukkan variasi yang jelas antara bagian barat dan timur Laut Jawa, dengan suhu yang lebih tinggi terkonsentrasi di bagian timur. Hal ini sejalan dengan penelitian Purwanto et al. (2017) yang menemukan bahwa massa air dari Selat Makassar yang bersuhu lebih tinggi mempengaruhi karakteristik termal di bagian timur Laut Jawa.

Gambar 4 menampilkan peta prediksi daerah penangkapan ikan (DPI) berdasarkan model *Maximum Entropy*, dengan gradasi warna biru menunjukkan tingkat kesesuaian habitat. Area dengan warna biru tua mengindikasikan daerah dengan tingkat kesesuaian habitat yang tinggi untuk ikan pelagis kecil. Distribusi spasial ini memperlihatkan bahwa daerah potensial penangkapan ikan terkonsentrasi di bagian tengah Perairan Arafura. Menurut Wijaya et al. (2020), pola distribusi ini berkaitan erat dengan karakteristik oseanografi yang optimal untuk ikan pelagis kecil, terutama pada kisaran suhu 28-30°C dan salinitas 32-34 psu.

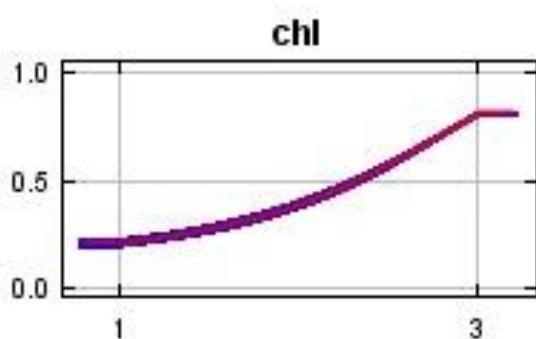


Gambar 3 Zona Penangkapan Ikan (ZPPI)

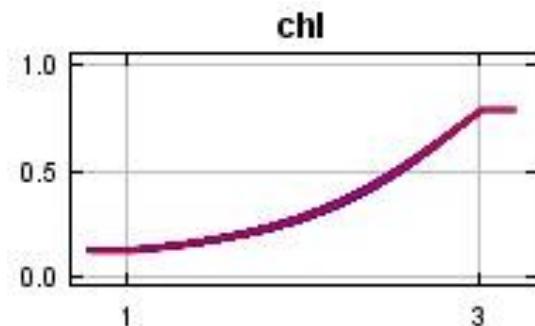


Gambar 4 Visualisasi konsentrasi klorofil-a(Chl-a)

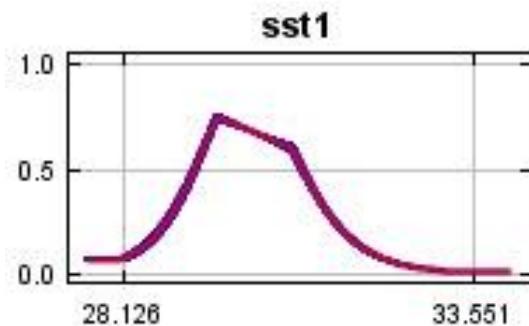
Hasil overlay antara parameter oseanografi dan posisi kapal penangkapan menunjukkan korelasi yang kuat antara keberadaan kapal dengan zona prediksi habitat yang sesuai. Sebagaimana dikemukakan oleh Hartanto et al. (2019), keberadaan kapal penangkapan ikan cenderung terkonsentrasi pada area dengan karakteristik oseanografi yang optimal bagi keberadaan ikan target. Analisis spasial menunjukkan bahwa 66,10% titik penangkapan berada pada zona dengan nilai Habitat Suitability Index (HSI) antara 0,5-0,8, mengindikasikan akurasi yang baik dari model prediksi yang digunakan.



Gambar 5 Kurva respon Maxent



Gambar 6 Kurva respon Maxent



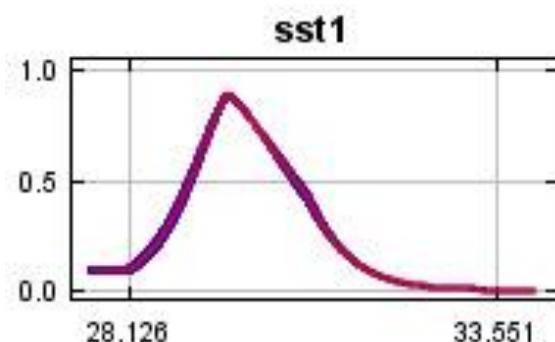
Gambar 7 Kurva respon Maxent

Kedua gambar tersebut menunjukkan grafik dengan label chl. Analisis kurva respon dari model *Maximum Entropy* (Maxent) untuk parameter klorofil-a menunjukkan pola yang menarik dalam hubungannya dengan distribusi ikan terbang. Gambar 5 dan 6 memperlihatkan kurva respon yang menggambarkan probabilitas kehadiran ikan terbang terhadap konsentrasi klorofil-a.

Pada Gambar 5, kurva menunjukkan peningkatan probabilitas kehadiran ikan yang gradual seiring dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a dari nilai 1 hingga 3 mg/m^3 . Pola ini mengindikasikan bahwa ikan terbang cenderung berada di perairan dengan konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi 0,8. Hal ini sejalan dengan penelitian Hidayat et al. (2019) yang menemukan bahwa konsentrasi klorofil-a yang tinggi berkorelasi positif dengan keberadaan ikan pelagis kecil karena merupakan indikator kesuburan perairan.

Gambar 6 memperlihatkan pola yang serupa namun dengan gradien yang sedikit berbeda, di mana peningkatan probabilitas lebih landai pada konsentrasi klorofil-a rendah dan meningkat lebih tajam pada konsentrasi yang lebih tinggi. Menurut Sarianti et al. (2021), perbedaan pola ini dapat disebabkan oleh variasi musiman dan spasial dari konsentrasi klorofil-a yang mempengaruhi distribusi ikan terbang.

Kedua kurva respon ini mengkonfirmasi bahwa klorofil-a merupakan parameter penting dalam menentukan distribusi ikan terbang. Sebagaimana dijelaskan oleh Pratiwi et al. (2020), konsentrasi klorofil-a yang tinggi mengindikasikan ketersediaan makanan yang melimpah bagi ikan pelagis kecil, karena klorofil-a merupakan indikator biomassa fitoplankton yang menjadi dasar dari rantai makanan di laut.



Gambar 8 Kurva respon Maxent

Hasil analisis kurva respon model Maxent terhadap parameter suhu permukaan laut (SPL) menunjukkan pola distribusi yang spesifik untuk ikan pelagis kecil di Laut Jawa. Gambar 7 dan 8 memperlihatkan kurva respon probabilitas kehadiran ikan terhadap SPL dengan rentang 28,120°C hingga 33,551°C.

Pada Gambar 1, kurva menunjukkan peningkatan probabilitas kehadiran ikan yang tajam mulai dari suhu 28,120°C hingga mencapai puncak pada kisaran 30°C dengan nilai probabilitas sekitar 0,8, kemudian menurun secara gradual hingga suhu 33,551°C. Pola ini mengindikasikan bahwa ikan terbang memiliki preferensi suhu optimal pada kisaran 29-31°C. Hal ini selaras dengan penelitian Nugroho et al. (2018) yang menemukan bahwa ikan terbang di perairan Indonesia cenderung terkonsentrasi pada kisaran suhu tersebut karena merupakan kondisi optimal untuk aktivitas metabolisme mereka.

Gambar 2 menampilkan pola yang hampir serupa namun dengan puncak probabilitas yang sedikit berbeda, di mana nilai maksimum probabilitas mencapai sekitar 0,9 pada kisaran suhu yang sama. Menurut Rosana et al. (2020), variasi kecil dalam pola respons ini dapat dipengaruhi oleh faktor musiman dan

dinamika massa air yang mempengaruhi distribusi spasial ikan terbang.

Kedua kurva respon ini menegaskan bahwa SPL merupakan parameter oceanografi yang krusial dalam menentukan distribusi ikan terbang. Sebagaimana dijelaskan oleh Pratama et al. (2022), preferensi suhu yang spesifik ini berkaitan erat dengan ketersediaan makanan dan kondisi fisiologis optimal bagi ikan terbang untuk melakukan berbagai aktivitas biologisnya.

Variable	Percent contribution	Permutation importance
chl	69.8	58.5
sst1	30.2	41.5

Gambar 9. kontribusi dan tingkat kepentingan dari dua variabel

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, variabel lingkungan yang mempengaruhi distribusi ikan terbang di Perairan Arafura menunjukkan bahwa klorofil-a (chl) memiliki kontribusi tertinggi sebesar 69,8% dengan nilai permutation importance 58,5%. Sementara itu, suhu permukaan laut (sst1) memberikan kontribusi sebesar 30,2% dengan nilai permutation importance 41,5%.

Dominansi pengaruh klorofil-a terhadap distribusi ikan terbang di Perairan Arafura mengindikasikan bahwa keberadaan fitoplankton berperan penting dalam rantai makanan yang mendukung kehidupan ikan terbang. Hal ini sejalan dengan penelitian Nursinar et al. (2019) yang menyatakan bahwa konsentrasi klorofil-a berkorelasi positif dengan keberadaan ikan pelagis karena merupakan indikator kesuburan perairan dan ketersediaan makanan.

Suhu permukaan laut sebagai faktor kedua yang mempengaruhi distribusi ikan terbang memiliki peran dalam mengontrol proses metabolisme dan pertumbuhan ikan. Menurut Tangke et al. (2018), suhu permukaan laut optimal bagi ikan terbang berada pada kisaran 26-30°C, dimana pada kondisi tersebut ikan terbang dapat melakukan aktivitas mencari makan dan berkembang biak dengan baik.

Kombinasi kedua parameter oceanografi tersebut menciptakan habitat yang sesuai bagi ikan terbang di Perairan Arafura. Rianto et al. (2021) menjelaskan bahwa interaksi antara

klorofil-a dan suhu permukaan laut membentuk zona fishing ground yang potensial untuk penangkapan ikan terbang, terutama pada musim-musim tertentu ketika kondisi lingkungan berada pada kisaran optimal.



Gambar 10. Analisi Jackknife

Analisis Jackknife yang dilakukan menunjukkan kontribusi variabel lingkungan terhadap model distribusi ikan terbang melalui tiga parameter evaluasi: regularized training gain, test gain, dan *Area Under Curve* (AUC). Hasil analisis menunjukkan pola konsisten dimana kedua variabel lingkungan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap performa model.

Pada regularized training gain, model dengan semua variabel mencapai nilai tertinggi sekitar 0,37, sedangkan ketika menggunakan variabel secara individu, suhu permukaan laut (sst1) menunjukkan kontribusi yang lebih tinggi dibandingkan klorofil-a (chl). Hal ini mengindikasikan bahwa dalam proses pelatihan model, suhu permukaan laut memiliki peran yang lebih dominan dalam menjelaskan distribusi ikan terbang. Sebagaimana dijelaskan oleh Prakasa et al. (2017), suhu permukaan laut merupakan parameter kunci yang mempengaruhi pola distribusi ikan terbang karena berkaitan dengan preferensi habitat dan tingkah laku ikan.

Hasil *test gain* menunjukkan pola serupa dengan nilai tertinggi mencapai 0,42 untuk model dengan semua variabel. Kedua variabel lingkungan menunjukkan kontribusi yang hampir setara, dengan nilai *test gain* sekitar 0,32-0,33. Menurut Syahailatua et al. (2020), keseimbangan kontribusi antara suhu permukaan laut dan klorofil-a mencerminkan kompleksitas habitat ikan terbang yang

membutuhkan kondisi oseanografi yang spesifik untuk kelangsungan hidupnya.

Evaluasi model melalui nilai AUC menghasilkan performa yang baik dengan nilai mencapai 0,745 untuk model lengkap. Analisis *Jackknife* untuk AUC menunjukkan bahwa suhu permukaan laut memiliki kontribusi yang sedikit lebih tinggi (sekitar 0,72) dibandingkan klorofil-a (sekitar 0,71). Wagiyo et al. (2019) menyatakan bahwa nilai AUC di atas 0,7 mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam memprediksi distribusi spesies target.

Hasil analisis *Jackknife* secara keseluruhan menegaskan bahwa kombinasi kedua variabel lingkungan menghasilkan model yang lebih baik dibandingkan penggunaan variabel secara individual. Hal ini mengindikasikan adanya interaksi yang sinergis antara suhu permukaan laut dan klorofil-a dalam mempengaruhi distribusi ikan terbang di Perairan Arafura.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis sebaran spasial daerah penangkapan ikan terbang (*Hirundichthys oxycephalus*) di Perairan Arafura, yang merupakan bagian dari Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 718, ditemukan bahwa konsentrasi ikan terbang tertinggi berada di bagian tengah Perairan Arafura. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik oseanografi yang optimal, terutama konsentrasi klorofil-a yang tinggi mencapai 69,8% yang mengindikasikan kesuburan perairan dan kelimpahan plankton sebagai sumber makanan ikan terbang. Analisis spasial menunjukkan bahwa 66,10% titik penangkapan berada pada zona dengan nilai Habitat Suitability Index (HSI) antara 0,5-0,8, khususnya di wilayah yang memiliki suhu permukaan laut optimal antara 29-31°C. Bagian tengah Perairan Arafura juga dipengaruhi oleh pola arus yang mendukung agregasi plankton dan menciptakan kondisi lingkungan yang stabil. Interaksi antara parameter suhu permukaan laut yang berkontribusi 30,2% dan klorofil-a membentuk zona fishing ground yang potensial, terutama di wilayah pertemuan massa air yang menciptakan front termal dan meningkatkan produktivitas perairan. Kondisi

oseanografi yang optimal ini menjadikan bagian tengah Perairan Arafura sebagai habitat yang ideal bagi populasi ikan terbang, dimana pada kondisi tersebut probabilitas kehadiran ikan mencapai 0,8-0,9. Model prediksi yang dikembangkan menggunakan metode Maximum Entropy (MaxEnt) menunjukkan performa yang baik dengan nilai Area Under Curve (AUC) sebesar 0,748, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mengoptimalkan kegiatan penangkapan ikan terbang secara efisien dan berkelanjutan di WPP 718.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Ibu Ayang Armelita Rosalia, S.Pi., M.Si. selaku dosen pengampu Mata Kuliah Oceanografi. Serta teman teman yang telah membantu dalam menyelesaikan Artikel Ilmiah ini

Daftar Pustaka

- Akita, E. A., Gaol, J. L., & Amri, K. (2022). Maximum entropy model for prediction of small pelagic fishing grounds in the Java Sea. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(3), 449-461.
- Hartanto, B.D., Sukresno, B., & Hartoko, A. (2019). Analisis Spasial Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A untuk Penentuan Daerah Penangkapan Ikan di Perairan Laut Jawa. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 14(2), 102-112.
- Hidayat, R., Zainuddin, M., & Safruddin, S. (2019). Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan Ikan Pelagis Kecil Berdasarkan Analisis Parameter Oseanografi di Perairan Indonesia. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 111-118.
- Khatami, A. M., & Setyobudiandi, I. (2019). Karakteristik biologi dan laju eksplorasi ikan pelagis kecil di perairan Utara Jawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 637-651.
- Lumban-Gaol, J., Arhatin, R. E., Syah, A. F., Kushardono, D., Lubis, J. T., Amanda, N. D., Amanda, Y., & Octavia, W. (2019). Distribusi kapal ikan pada fase bulan gelap dan terang berdasarkan data sensor Visible Infrared Imaging

- Radiometer Suite (VIIRS) di Laut Jawa. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(3), 1-8.
- Nugroho, E.D., Jayanti, W.E., & Setiawan, A.N. (2018). Distribusi Spasial Ikan Pelagis Kecil dalam Kaitannya dengan Kondisi Oseanografi di Perairan Indonesia. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2), 156-165.
- Nursinar, S., Sahami, F., & Hutabarat, S. (2019). Analisis Parameter Oseanografi terhadap Distribusi Ikan Pelagis di Perairan Teluk Tomini. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(1), 1-8.
- Prakasa, G., Syamsuddin, M. L., & Sunarto. (2017). Distribusi Spasial Ikan Terbang (Exocoetidae) Kaitannya dengan Kondisi Oseanografi di Perairan Indonesia Timur. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(1), 156-163.
- Pratama, I.G., Syahailatua, A., & Gaol, J.L. (2022). Pengaruh Variabilitas Suhu Permukaan Laut terhadap Distribusi Ikan Pelagis di Perairan Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 27(1), 1-12.
- Pratiwi, D.C., Hartoko, A., & Suryanti, S. (2020). Analisis Hubungan Konsentrasi Klorofil-a dengan Kelimpahan Ikan Pelagis di Perairan Indonesia. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 11(1), 9-17.
- Purwanto, P., Asriningrum, W., & Winarso, G. (2017). Analisis Karakteristik dan Variabilitas Suhu Permukaan Laut di Perairan Laut Jawa dari Citra Satelit. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 15(1), 37-46.
- Rosana, N., Sutrisno, D., & Dwiyanti, D. (2020). Analisis Parameter Oseanografi dan Pengaruhnya terhadap Zona Potensi Penangkapan Ikan Pelagis di Laut Jawa. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 45-57.
- Rianto, D., Simbolon, D., & Wisudo, S. H. (2021). Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan Ikan Terbang (Exocoetidae) Berdasarkan Parameter Oseanografi di Perairan Indonesia Timur. *Marine Fisheries Journal*, 12(1), 31-42.
- Sarianto, D., Simbolon, D., & Wirayawan, B. (2021). Pengaruh Parameter Oseanografi terhadap Distribusi Ikan Pelagis Kecil di Perairan Indonesia. *Jurnal Penelitian Perikanan dan Kelautan*, 27(1), 35-45.
- Siregar, E. S. Y., Siregar, V. P., Jhonnerie, R., Alkayakni, M., & Samsul, B. (2019). Prediction of potential fishing zones for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) using maxent models in Aceh province waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 284(1), 012029.
- Siregar, S. N., Sari, L. P., Purba, N. P., Pranowo, W. S., & Syamsuddin, M. L. (2017). Pertukaran massa air di Laut Jawa terhadap perioditas monsun dan Arlindo pada tahun 2015. *Depik*, 6(1), 44-59.
- Syah, A. F., Siregar, E. S. Y., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2020). Application of remotely sensed data and maximum entropy model in detecting potential fishing zones of Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Indian Ocean off Sumatera. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569, 042097.
- Syahailatua, A., Putri, M. R., & Suhartati, M. (2020). Karakteristik Habitat dan Distribusi Ikan Terbang di Perairan Indonesia Timur Berdasarkan Parameter Oseanografi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 26(2), 89-98.
- Tangke, U., Sangadji, I., & Rochmady, R. (2018). Analisis Hubungan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A terhadap Hasil Tangkapan Ikan Terbang di Perairan Timur Indonesia. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(2), 116-124.
- Wagiyo, K., Priatna, A., & Kamal, M. M. (2019). Sebaran Spasial dan Preferensi Habitat Ikan Pelagis di Perairan Arafura: Analisis Berbasis Pemodelan Spesies. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 25(3), 141-152.
- Wijaya, A.P., Siagian, H.S., & Kushardono, D. (2020). Pemodelan Spasial Habitat Ikan Pelagis Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Perairan Indonesia. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 1-15.