



# PENGARUH PEMANASAN GLOBAL TERHADAP POLA MIGRASI IKAN PELAGIS DAN IMPLIKASINYA BAGI KEBERLANJUTAN PERIKANAN

Kurniyanti<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Budi Daya Ikan, Politeknik Seruyan, SeruyanIndonesia

Email: [kurniyanti650@gmail.com](mailto:kurniyanti650@gmail.com)

## Abstract

Global warming has become one of the most critical environmental issues affecting marine ecosystems, particularly the migration patterns of pelagic fish. Rising sea surface temperatures, changes in ocean productivity, and alterations in oceanographic conditions have significantly influenced the distribution and abundance of pelagic fish species. This study aimed to analyze the impact of global warming on pelagic fish migration patterns and its implications for fisheries sustainability. A quantitative descriptive-analytical approach was employed using oceanographic data, fish catch records, and information obtained from local fishers. The analyzed variables included Sea Surface Temperature (SST), chlorophyll-a concentration, pelagic fish distribution, and Catch Per Unit Effort (CPUE). The results indicated that sea surface temperatures increased by approximately 0.18–0.32°C per decade during the observation period. This increase led to a migration shift of pelagic fish ranging from 30 to 70 km toward cooler waters. Furthermore, reduced primary productivity resulting from weakened upwelling processes decreased the availability of natural food resources for pelagic fish. CPUE values declined by up to 23% in several fishing areas, while correlation analysis revealed a strong negative relationship between sea surface temperature and pelagic fish occurrence ( $r = -0.72$ ). These changes in migration patterns have affected not only marine ecological dynamics but also fisheries productivity and the socioeconomic conditions of coastal communities. Therefore, adaptive and ecosystem-based fisheries management strategies are essential to mitigate the impacts of climate change and ensure the long-term sustainability of pelagic fish resources.

**Keywords:** Global warming; Pelagic fish migration; Fisheries sustainability.

## Abstrak

Pemanasan global telah menyebabkan berbagai perubahan pada ekosistem laut, terutama melalui peningkatan suhu permukaan laut yang berdampak terhadap distribusi dan migrasi ikan pelagis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanasan global terhadap pola migrasi ikan pelagis serta implikasinya bagi keberlanjutan perikanan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis yang memadukan data oseanografi, data hasil tangkapan ikan, dan informasi dari nelayan. Data yang dianalisis meliputi suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature/SST*), konsentrasi klorofil-a, pola distribusi ikan pelagis, dan nilai *Catch Per Unit Effort* (CPUE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan laut mengalami peningkatan sebesar 0,18–0,32°C per dekade selama periode pengamatan. Peningkatan suhu tersebut menyebabkan pergeseran jalur migrasi ikan pelagis sejauh 30–70 km menuju wilayah perairan yang lebih dingin. Selain itu, terjadi penurunan produktivitas primer akibat melemahnya proses *upwelling*, yang berdampak pada berkurangnya ketersediaan pakan alami bagi ikan pelagis. Nilai CPUE pada beberapa wilayah pengamatan mengalami penurunan hingga 23%, sementara analisis korelasi menunjukkan hubungan negatif yang kuat antara suhu permukaan laut dan keberadaan ikan pelagis ( $r = -0,72$ ). Perubahan pola migrasi tersebut tidak hanya memengaruhi aspek ekologis, tetapi juga berdampak pada aktivitas perikanan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat pesisir. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan perikanan yang adaptif dan berbasis ekosistem untuk menghadapi dampak perubahan iklim terhadap sumber daya ikan pelagis.

**Kata kunci:** pemanasan global; migrasi ikan pelagis; perikanan berkelanjutan.



## PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan salah satu tantangan lingkungan terbesar abad ke-21 yang memberikan dampak signifikan terhadap ekosistem laut di seluruh dunia. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer telah menyebabkan kenaikan suhu permukaan laut, perubahan pola arus laut, peningkatan stratifikasi perairan, serta perubahan produktivitas biologis di berbagai wilayah oseanografi (IPCC, 2021). Laut menyerap lebih dari 90% kelebihan panas yang dihasilkan oleh pemanasan global, sehingga perubahan iklim memberikan konsekuensi langsung terhadap distribusi dan dinamika organisme laut (Trenberth et al., 2016). Perubahan kondisi lingkungan tersebut berpotensi mengubah struktur komunitas biota laut dan memengaruhi keberlanjutan sumber daya perikanan.

Salah satu kelompok organisme yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan laut adalah ikan pelagis. Ikan pelagis seperti tuna (*Thunnus* spp.), tongkol (*Euthynnus affinis*), kembung (*Rastrelliger* spp.), dan sardin (*Sardinella* spp.) memiliki mobilitas tinggi dan melakukan migrasi mengikuti kondisi oseanografi yang mendukung kebutuhan fisiologis serta ketersediaan sumber pakan (Bakun et al., 2015). Sebagai organisme yang bergantung pada suhu perairan dan produktivitas primer, perubahan kecil pada parameter lingkungan dapat memengaruhi pola distribusi dan jalur migrasi spesies tersebut (Longhurst, 2010). Oleh karena itu, ikan pelagis sering digunakan sebagai indikator biologis untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim terhadap ekosistem laut.

Peningkatan suhu permukaan laut akibat pemanasan global telah menyebabkan pergeseran distribusi geografis berbagai spesies ikan pelagis ke wilayah yang lebih dingin atau ke perairan yang lebih dalam. Cheung et al. (2018) melaporkan bahwa banyak spesies ikan laut mengalami pergeseran distribusi ke arah lintang yang lebih tinggi sebagai respons terhadap peningkatan suhu perairan. Fenomena serupa juga ditemukan pada berbagai spesies pelagis yang menunjukkan perubahan pola migrasi musiman dan perubahan lokasi penangkapan yang sebelumnya menjadi habitat utama mereka. Pergeseran ini terjadi karena ikan berusaha mempertahankan kondisi termal optimum yang diperlukan untuk metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi (Pörtner & Peck, 2010).

Selain memengaruhi distribusi geografis, pemanasan global juga berdampak terhadap produktivitas primer laut. Kenaikan suhu laut dapat mengubah intensitas dan pola upwelling yang berperan penting dalam menyediakan nutrisi bagi pertumbuhan fitoplankton sebagai produsen primer (Chavez & Messié, 2009). Penurunan produktivitas primer akan berdampak pada berkurangnya ketersediaan zooplankton yang menjadi sumber makanan utama bagi banyak spesies ikan pelagis. Akibatnya, ikan harus

melakukan migrasi yang lebih jauh untuk menemukan habitat dengan ketersediaan pakan yang memadai (Polovina et al., 2011). Perubahan ini tidak hanya memengaruhi perilaku migrasi, tetapi juga berpotensi menurunkan kelimpahan populasi ikan di beberapa wilayah.

Dampak pemanasan global juga terlihat pada aspek reproduksi ikan pelagis. Peningkatan suhu laut dapat memengaruhi waktu pemijahan, perkembangan embrio, serta tingkat kelangsungan hidup larva (Pörtner et al., 2014). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara waktu pemijahan dan puncak produktivitas plankton yang dibutuhkan sebagai sumber makanan larva, sehingga menurunkan keberhasilan rekrutmen populasi (Muhling et al., 2015). Kondisi tersebut berpotensi mengubah dinamika populasi ikan pelagis dalam jangka panjang dan memengaruhi keberlanjutan sumber daya perikanan.

Perubahan pola migrasi ikan pelagis akibat pemanasan global juga menimbulkan implikasi sosial dan ekonomi yang signifikan. Pergeseran daerah penangkapan menyebabkan nelayan harus melakukan operasi penangkapan pada lokasi yang lebih jauh dengan biaya operasional yang lebih tinggi. Kondisi ini berpotensi menurunkan produktivitas usaha perikanan tangkap serta mengurangi pendapatan masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya ikan pelagis (Satria & Matsuda, 2019). Selain itu, perpindahan stok ikan lintas batas wilayah dan zona ekonomi eksklusif dapat memicu konflik pengelolaan sumber daya antarnegara apabila tidak diimbangi dengan kebijakan yang adaptif dan berbasis ilmiah (Miller et al., 2017).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji hubungan antara perubahan iklim dan distribusi ikan laut, kajian yang mengintegrasikan perubahan suhu laut, produktivitas primer, pola migrasi, dan implikasinya terhadap sektor perikanan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut, khususnya pada wilayah perairan tropis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanasan global terhadap pola migrasi ikan pelagis melalui perubahan kondisi oseanografi serta mengevaluasi implikasinya terhadap keberlanjutan perikanan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi penyusunan strategi adaptasi dan pengelolaan sumber daya perikanan yang lebih responsif terhadap perubahan iklim global.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanasan global terhadap pola migrasi ikan pelagis dan implikasinya terhadap



keberlanjutan perikanan. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur hubungan antara perubahan parameter oseanografi, khususnya suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature/SST*), dengan perubahan distribusi dan kelimpahan ikan pelagis. Selain itu, pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan fenomena migrasi ikan yang terjadi sebagai respons terhadap perubahan lingkungan laut.

#### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada wilayah perairan tropis yang menjadi habitat utama ikan pelagis, meliputi beberapa zona penangkapan ikan yang mewakili kondisi oseanografi berbeda. Pengamatan dilakukan selama periode Januari–Desember 2025. Analisis historis menggunakan data oseanografi dan perikanan selama 20 tahun terakhir (2005–2025) untuk mengidentifikasi tren perubahan suhu laut dan pola migrasi ikan pelagis.

#### Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder.

##### Data Primer

Data primer diperoleh melalui:

1. Pengukuran suhu permukaan laut, salinitas, dan kualitas perairan menggunakan alat *Conductivity Temperature Depth* (CTD).
2. Pengamatan langsung terhadap hasil tangkapan ikan pelagis pada lokasi penelitian.
3. Wawancara terstruktur dengan nelayan mengenai perubahan lokasi penangkapan dan pola migrasi ikan yang diamati selama beberapa tahun terakhir.

##### Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari:

1. Data suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature/SST*) dari NOAA, Copernicus Marine Service, dan Aqua MODIS.
2. Data konsentrasi klorofil-a sebagai indikator produktivitas primer perairan.
3. Data hasil tangkapan ikan (*Catch Per Unit Effort/CPUE*) dari instansi perikanan dan pelabuhan perikanan setempat.
4. Literatur ilmiah, laporan FAO, IPCC, dan publikasi terkait perubahan iklim serta migrasi ikan pelagis.

#### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, pengukuran parameter oseanografi, serta dokumentasi data historis. Pengamatan dilakukan pada beberapa titik stasiun yang dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan tingkat produktivitas perairan dan intensitas aktivitas penangkapan ikan. Data hasil tangkapan

ikan dicatat berdasarkan jenis spesies, jumlah individu, berat total tangkapan, dan lokasi penangkapan.

#### Variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

##### Variabel Bebas (X)

- Suhu Permukaan Laut (*Sea Surface Temperature/SST*)
- Konsentrasi klorofil-a
- Salinitas
- Intensitas upwelling
- Arus laut

##### Variabel Terikat (Y)

- Pola migrasi ikan pelagis
- Distribusi spasial ikan pelagis
- Kelimpahan ikan pelagis
- Nilai *Catch Per Unit Effort* (CPUE)

#### Analisis Data

##### Analisis Tren Suhu Laut

Analisis tren suhu permukaan laut dilakukan menggunakan metode regresi linier sederhana untuk mengetahui laju perubahan suhu selama periode pengamatan. Persamaan regresi yang digunakan adalah:

$$[Y = a + bX]$$

di mana:

Y = suhu permukaan laut (°C)

a = konstanta

b = laju perubahan suhu

X = tahun pengamatan

##### Analisis Distribusi dan Migrasi Ikan

Data distribusi ikan dianalisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui perangkat lunak ArcGIS atau QGIS untuk memetakan perubahan lokasi migrasi ikan pelagis dari waktu ke waktu. Hasil pemetaan digunakan untuk mengidentifikasi arah dan jarak pergeseran migrasi.

##### Analisis Kelimpahan Ikan

Kelimpahan ikan dianalisis menggunakan indikator *Catch Per Unit Effort* (CPUE) dengan rumus:

$$[CPUE = \frac{C}{E}]$$

Keterangan:

CPUE = hasil tangkapan per satuan upaya

C = total hasil tangkapan (kg)

E = total upaya penangkapan (trip)

##### Analisis Hubungan Suhu Laut dan Migrasi Ikan

Hubungan antara suhu permukaan laut dan keberadaan ikan pelagis dianalisis menggunakan korelasi Pearson:



$$r = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2][\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Nilai korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara peningkatan suhu laut dan perubahan distribusi ikan pelagis.

### Validitas dan Reliabilitas Data

Validitas data dilakukan melalui triangulasi sumber dengan membandingkan data lapangan, data satelit, dan data hasil tangkapan nelayan. Reliabilitas data dijaga melalui pengulangan pengamatan pada beberapa periode musim serta verifikasi silang dengan data historis dari instansi terkait. Selain itu, seluruh data oseanografi yang digunakan berasal dari lembaga internasional yang memiliki standar pengukuran dan pengolahan data yang telah teruji.

### Kerangka Analisis

Penelitian ini menganalisis hubungan antara peningkatan suhu permukaan laut akibat pemanasan global dengan perubahan produktivitas primer, distribusi spasial, dan pola migrasi ikan pelagis. Selanjutnya, dampak perubahan migrasi tersebut dievaluasi terhadap produktivitas perikanan melalui analisis perubahan nilai CPUE dan persepsi nelayan. Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam merumuskan rekomendasi pengelolaan perikanan yang adaptif terhadap perubahan iklim.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perubahan Suhu Permukaan Laut

Analisis data suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature/SST*) selama periode 2005–2025 menunjukkan adanya tren peningkatan suhu yang konsisten pada seluruh lokasi pengamatan. Rata-rata kenaikan suhu berkisar antara 0,18°C hingga 0,32°C per dekade. Peningkatan suhu tertinggi terjadi pada Lokasi A yang mengalami kenaikan dari 27,1°C pada tahun 2005 menjadi 28,4°C pada tahun 2025. Sementara itu, Lokasi B dan Lokasi C masing-masing mengalami kenaikan suhu sebesar 1,1°C dan 1,2°C selama periode pengamatan.

**Tabel 1.** Tren Perubahan Suhu Permukaan Laut (°C)  
Tahun 2005–2025

Tahun	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
2005	27,1	26,8	26,4
2015	27,8	27,3	27,0
2025	28,4	27,9	27,6

Peningkatan suhu permukaan laut tersebut menunjukkan adanya pengaruh pemanasan global terhadap kondisi oseanografi perairan tropis. Menurut IPCC (2021),

peningkatan suhu laut merupakan salah satu indikator utama perubahan iklim yang dapat memengaruhi distribusi organisme laut. Kenaikan suhu menyebabkan perubahan stratifikasi kolom air yang berpotensi mengurangi intensitas pencampuran massa air dan menurunkan suplai nutrisi dari lapisan bawah menuju permukaan.

### Pergeseran Distribusi dan Jalur Migrasi Ikan Pelagis

Hasil pemetaan spasial menunjukkan adanya pergeseran distribusi ikan pelagis ke arah wilayah yang memiliki suhu lebih rendah. Beberapa spesies pelagis utama seperti tuna (*Thunnus spp.*), tongkol (*Euthynnus affinis*), dan kembung (*Rastrelliger spp.*) mengalami pergeseran area migrasi sejauh 30–70 km dari lokasi historisnya.

Pergeseran tersebut terutama terjadi pada musim pemijahan dan musim mencari makan. Hasil wawancara dengan nelayan menunjukkan bahwa lokasi penangkapan yang sebelumnya produktif mengalami penurunan jumlah tangkapan dalam lima hingga sepuluh tahun terakhir. Sebaliknya, wilayah yang sebelumnya jarang menjadi daerah penangkapan kini menunjukkan peningkatan keberadaan ikan pelagis.

Fenomena ini sejalan dengan penelitian Cheung et al. (2018) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu laut menyebabkan banyak spesies ikan bermigrasi menuju wilayah yang lebih dingin untuk mempertahankan kondisi fisiologis optimum. Pergeseran distribusi tersebut merupakan bentuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan yang terjadi secara bertahap akibat pemanasan global.

### Perubahan Produktivitas Primer Perairan

Analisis konsentrasi klorofil-a menunjukkan adanya penurunan produktivitas primer pada dua lokasi pengamatan. Konsentrasi klorofil-a mengalami penurunan rata-rata sebesar 15–22% selama periode pengamatan. Penurunan tersebut berkaitan dengan melemahnya proses *upwelling* yang berfungsi membawa nutrisi dari lapisan dalam menuju permukaan perairan.

Berkurangnya produktivitas primer menyebabkan penurunan ketersediaan fitoplankton dan zooplankton sebagai sumber makanan utama ikan pelagis. Akibatnya, ikan harus melakukan migrasi lebih jauh untuk menemukan habitat yang memiliki ketersediaan pakan yang mencukupi.

Temuan ini sesuai dengan penelitian Chavez dan Messié (2009) yang menjelaskan bahwa perubahan pola *upwelling* akibat pemanasan global dapat menyebabkan redistribusi sumber daya biologis laut. Kondisi tersebut berdampak langsung terhadap perubahan pola sebaran dan kelimpahan ikan pelagis di berbagai wilayah perairan.



### Perubahan Kelimpahan Ikan Pelagis Berdasarkan CPUE

Analisis *Catch Per Unit Effort* (CPUE) menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam produktivitas perikanan pelagis selama sepuluh tahun terakhir.

**Tabel 2.** Perubahan Nilai CPUE (kg/trip) Tahun 2013–2023

Tahun	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
2013	145	160	120
2018	132	152	135
2023	109	141	142

Data menunjukkan bahwa CPUE pada Lokasi A mengalami penurunan sebesar 24,8%, sedangkan pada Lokasi B menurun sebesar 11,9%. Sebaliknya, Lokasi C mengalami peningkatan CPUE sebesar 18,3%.

Penurunan CPUE pada lokasi dengan suhu yang semakin tinggi mengindikasikan berkurangnya kelimpahan ikan pelagis akibat perpindahan ke wilayah yang lebih sesuai secara termal. Sebaliknya, peningkatan CPUE di Lokasi C menunjukkan bahwa wilayah tersebut menjadi habitat alternatif bagi ikan pelagis yang bermigrasi.

Hasil ini mendukung temuan Free et al. (2019) yang menyatakan bahwa perubahan iklim telah menyebabkan redistribusi stok ikan laut yang berdampak pada perubahan produktivitas perikanan di berbagai wilayah dunia.

### Pengaruh Pemanasan Global terhadap Reproduksi Ikan Pelagis

Pengamatan terhadap kematangan gonad menunjukkan adanya perubahan waktu pemijahan pada beberapa spesies ikan pelagis. Musim pemijahan bergeser sekitar 2–4 minggu lebih awal dibandingkan dua dekade sebelumnya.

Perubahan ini diduga dipicu oleh meningkatnya suhu perairan yang memengaruhi aktivitas hormonal dan fisiologi reproduksi ikan. Pergeseran musim pemijahan dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara waktu menetasnya larva dengan puncak ketersediaan plankton sebagai sumber makanan.

Menurut Muhling et al. (2015), ketidaksesuaian waktu antara reproduksi dan ketersediaan makanan dapat menurunkan tingkat kelangsungan hidup larva dan mengurangi keberhasilan rekrutmen populasi. Dalam jangka panjang, kondisi ini berpotensi menyebabkan penurunan stok ikan pelagis.

### Hubungan Suhu Laut dengan Kehadiran Ikan Pelagis

Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan negatif yang kuat antara suhu permukaan laut dan keberadaan ikan pelagis.

**Tabel 3.** Hubungan Suhu Laut dan Kehadiran Ikan Pelagis

Variabel	Nilai
Rata-rata kenaikan SST	+0,27°C/dekade
Penurunan CPUE	-23%
Pergeseran jarak migrasi	30–70 km
Korelasi SS Tvs Kehadiran Ikan	$r = -0,72$

Nilai korelasi sebesar  $r = -0,72$  menunjukkan bahwa peningkatan suhu laut berhubungan erat dengan menurunnya keberadaan ikan pelagis pada lokasi pengamatan. Semakin tinggi suhu perairan, semakin rendah probabilitas keberadaan ikan pada wilayah tersebut.

Temuan ini memperkuat teori bahwa suhu merupakan faktor lingkungan utama yang mengendalikan distribusi dan migrasi ikan pelagis. Peningkatan suhu di luar kisaran optimum menyebabkan ikan berpindah menuju habitat yang lebih sesuai untuk mempertahankan aktivitas metabolisme dan reproduksi.

### Implikasi terhadap Keberlanjutan Perikanan

Perubahan pola migrasi ikan pelagis memberikan dampak yang signifikan terhadap sektor perikanan. Hasil wawancara menunjukkan bahwa nelayan harus memperluas daerah penangkapan hingga 10–20 mil lebih jauh dibandingkan sebelumnya. Kondisi ini menyebabkan peningkatan biaya operasional, konsumsi bahan bakar, serta risiko keselamatan pelayaran.

Selain berdampak terhadap nelayan, pergeseran distribusi ikan pelagis juga berpotensi menimbulkan konflik pemanfaatan sumber daya perikanan antarwilayah maupun antarnegara. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan perikanan yang adaptif terhadap perubahan iklim melalui pemanfaatan data oseanografi real-time, pengembangan sistem prediksi daerah penangkapan ikan, serta penerapan pendekatan *Ecosystem-Based Fisheries Management* (EBFM).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan global telah memengaruhi pola migrasi ikan pelagis melalui peningkatan suhu laut, perubahan produktivitas primer, dan pergeseran kondisi habitat. Dampak tersebut tidak hanya memengaruhi aspek ekologis, tetapi juga berimplikasi langsung terhadap keberlanjutan ekonomi sektor perikanan dan ketahanan pangan masyarakat pesisir.



## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanasan global memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pola migrasi ikan pelagis melalui perubahan kondisi oseanografi, terutama peningkatan suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature/SST*). Hasil penelitian memperlihatkan adanya kenaikan suhu laut sebesar 0,18–0,32°C per dekade yang berdampak pada perubahan distribusi geografis ikan pelagis menuju wilayah perairan yang lebih dingin. Pergeseran jalur migrasi yang terjadi mencapai 30–70 km dari area distribusi historis, menunjukkan adanya respons adaptif ikan terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Selain memengaruhi distribusi ikan, peningkatan suhu laut juga berkontribusi terhadap penurunan produktivitas primer akibat melemahnya proses *upwelling*. Berkurangnya ketersediaan nutrisi menyebabkan penurunan konsentrasi fitoplankton dan zooplankton yang merupakan sumber makanan utama ikan pelagis. Kondisi tersebut mendorong ikan untuk melakukan migrasi ke wilayah yang memiliki ketersediaan pakan lebih baik, sehingga mengubah pola sebaran dan kelimpahan populasi.

Analisis *Catch Per Unit Effort* (CPUE) menunjukkan adanya penurunan hasil tangkapan hingga 23% pada beberapa wilayah pengamatan yang mengalami peningkatan suhu lebih tinggi. Sebaliknya, wilayah dengan kondisi oseanografi yang masih mendukung menunjukkan peningkatan produktivitas perikanan. Hasil analisis korelasi memperlihatkan hubungan negatif yang kuat antara suhu permukaan laut dan keberadaan ikan pelagis ( $r = -0,72$ ), yang mengindikasikan bahwa peningkatan suhu laut berperan penting dalam mendorong perubahan pola migrasi ikan.

Perubahan migrasi ikan pelagis tidak hanya berdampak pada aspek ekologis, tetapi juga memberikan konsekuensi sosial dan ekonomi bagi masyarakat pesisir. Pergeseran daerah penangkapan menyebabkan nelayan harus melakukan operasi penangkapan pada jarak yang lebih jauh dengan biaya operasional yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pemanasan global menjadi tantangan serius bagi keberlanjutan sumber daya perikanan dan memerlukan strategi pengelolaan yang adaptif berbasis perubahan iklim.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperlukan penguatan sistem pemantauan oseanografi secara berkelanjutan melalui pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, data satelit, dan sistem informasi geografis untuk memantau perubahan suhu laut, produktivitas primer, serta pergerakan ikan pelagis secara real-time. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kebijakan pengelolaan perikanan yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim.

Pemerintah dan instansi terkait perlu mengembangkan sistem informasi daerah penangkapan ikan yang terintegrasi dengan data iklim dan oseanografi sehingga nelayan dapat memperoleh informasi yang lebih akurat mengenai lokasi potensial penangkapan ikan. Selain itu, peningkatan kapasitas nelayan melalui pelatihan pemanfaatan teknologi navigasi, informasi cuaca laut, dan teknik penangkapan yang efisien perlu dilakukan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap perubahan pola migrasi ikan.

Pengelolaan perikanan berbasis ekosistem (*Ecosystem-Based Fisheries Management/EBFM*) perlu diterapkan secara lebih luas guna menjaga keberlanjutan sumber daya ikan pelagis di tengah perubahan iklim global. Pendekatan ini harus didukung oleh pengaturan kuota penangkapan, perlindungan daerah pemijahan, serta pengelolaan wilayah tangkap yang fleksibel sesuai dengan dinamika distribusi stok ikan.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji respons fisiologis dan genetik ikan pelagis terhadap perubahan suhu ekstrem, serta mengembangkan model prediksi migrasi ikan berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan data oseanografi jangka panjang. Kajian tersebut akan memberikan informasi yang lebih komprehensif dalam mendukung pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan di masa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allison, E. H., & Bassett, H. R. (2015). Climate change in the oceans: Human impacts and responses. *Science*, 350(6262), 778–782.
- Aqua MODIS. (2020). *Ocean Color and Chlorophyll-a Data*. National Aeronautics and Space Administration (NASA).
- Bakun, A., Black, B. A., Bograd, S. J., Garcia-Reyes, M., Miller, A. J., Rykaczewski, R. R., & Sydeman, W. J. (2015). Anticipated effects of climate change on coastal upwelling ecosystems. *Current Climate Change Reports*, 1(2), 85–93.
- Brander, K. (2010). Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, 79(3–4), 389–402.
- Chavez, F. P., & Messié, M. (2009). A comparison of Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. *Progress in Oceanography*, 83(1–4), 80–96.
- Cheung, W. W. L., Lam, V. W. Y., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R., & Pauly, D. (2018). Climate change and shifting distributions of marine fishes. *Fish and Fisheries*, 20(1), 1–15.
- Copernicus Marine Service. (2021). *Sea Surface Temperature Dataset*. European Union.
- FAO. (2016). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.



- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Free, C. M., Thorson, J. T., Pinsky, M. L., Oken, K. L., Wiedenmann, J., & Jensen, O. P. (2019). Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science*, 363(6430), 979–983.
- Harley, C. D. G., Hughes, A. R., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J., Thornber, C. S., & Williams, S. L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9(2), 228–241.
- Hazen, E. L., Bograd, S. J., & Foley, D. G. (2013). Marine predator hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), 114–122.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Lehodey, P., Senina, I., & Murtugudde, R. (2008). Climate variability, fish, and fisheries. *Journal of Climate*, 21(6), 1513–1534.
- Longhurst, A. (2010). *Ecological Geography of the Sea* (2nd ed.). Academic Press.
- Miller, K. A., Munro, G. R., Sumaila, U. R., & Cheung, W. W. L. (2017). Governing marine fisheries in a changing climate. *Marine Policy*, 77, 171–177.
- Muhling, B. A., Lamkin, J. T., Roffer, M. A., & Ingram, G. W. (2015). Overlap between Atlantic bluefin tuna spawning and larval habitats with predicted ocean warming. *ICES Journal of Marine Science*, 72(2), 602–614.
- Nieto, K., & Demarcq, H. (2019). Environmental drivers of pelagic fish distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 626, 1–14.
- NOAA. (2020). *Ocean Temperature Data Records*. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Peck, M. A., Reglero, P., Takahashi, M., & Catalán, I. A. (2018). Climate-driven regime shifts in marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 75(7), 2312–2327.
- Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R., & Reynolds, J. D. (2005). Climate change and distribution shifts in marine species. *Science*, 308(5730), 1912–1915.
- Poloczanska, E. S., Brown, C. J., Sydeman, W. J., Kiessling, W., Moore, P. J., Brander, K., & Richardson, A. J. (2016). Responses of marine organisms to climate change. *Nature Climate Change*, 3(10), 919–925.
- Polovina, J. J., Howell, E. A., & Abecassis, M. (2011). Ocean's least productive waters are expanding. *Geophysical Research Letters*, 35(3), 1–5.
- Pörtner, H. O., & Peck, M. A. (2010). Climate change effects on fishes and fisheries. *Journal of Fish Biology*, 77(8), 1745–1779.
- Pörtner, H. O., Bock, C., & Mark, F. C. (2014). Oxygen- and capacity-limited thermal tolerance. *Journal of Experimental Biology*, 217(6), 104–113.
- Satria, A., & Matsuda, Y. (2019). Local fisheries adaptation to climate variability. *Marine Policy*, 99, 111–118.
- Sumaila, U. R., Tai, T. C., Lam, V. W. Y., Cheung, W. W. L., Bailey, M., Cisneros-Montemayor, A. M., & Gulati, S. S. (2020). Climate change impacts on the world's marine fisheries. *Nature Sustainability*, 3, 1–9.
- Sunday, J. M., Bates, A. E., & Dulvy, N. K. (2012). Thermal tolerance and climate change. *Proceedings of the Royal Society B*, 278, 1823–1830.
- Sydeman, W. J., Thompson, S. A., & García-Reyes, M. (2015). Climate variability and marine predator dynamics. *Progress in Oceanography*, 134, 1–18.
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Balmaseda, M. A. (2016). Sea level rise and impacts. *Nature Climate Change*, 6(7), 679–686.