

Hubungan Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut dan PAR Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Kembung di Selat Bali Menggunakan Citra Satelit Aqua Modis

Cholimatul Zana ^{**, I Wayan Nuarsa ^a, Abd. Rahman As-syakur ^a}

^a Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Bali-Indonesia

*Email: cholimatulzana@gmail.com

Diterima (received) 8 Juni 2026; disetujui (accepted) 18 Agustus 2026; tersedia secara online (available online) 20 Agustus 2026

Abstract

The Bali Strait is a highly productive fishing ground for pelagic fisheries, particularly Indian mackerel, which has significant economic value. The distribution and abundance of Indian mackerel are influenced by oceanographic conditions, especially chlorophyll-a concentration, SST, and PAR. This study aims to analyze the spatial and temporal distribution patterns of chlorophyll-a, SST, and PAR and to examine their relationships with Indian mackerel catches in the Bali Strait during the period 2015–2024. Chlorophyll-a, SST, and PAR data were obtained from Aqua MODIS Level-3 satellite imagery, while Indian mackerel catch data were collected from Pengambangan Fishing Port, Muncar Coastal Fishing Port, and Kedonganan Fish Landing Base. Spatial and temporal analyses were conducted using data processing software and Microsoft Excel, and the relationships between variables were examined using Pearson correlation analysis. The results indicate that chlorophyll-a exhibits a strong seasonal pattern, with low concentrations during January–March (0–0.4 mg/m³), increasing during April–May (0.4–0.7 mg/m³), and reaching peak values during July–September (0.6–1.0 mg/m³). SST shows the highest temperatures in February–March (30.5–30.7 °C) and the lowest in August (26.3–26.5 °C), while PAR ranges from 36 to 58 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, with maximum values occurring in September–October. Chlorophyll-a shows a low to moderate positive correlation with Indian mackerel catches ($r = 0.2\text{--}0.4$), SST exhibits seasonally variable correlations from strongly positive to strongly negative, and PAR shows a low positive correlation. Overall, Indian mackerel catches in the Bali Strait are influenced by the dynamic and seasonal interaction of oceanographic parameters.

Keywords: *chlorophyll-a; sea surface temperature; PAR; Indian mackerel; Aqua MODIS; Bali Strait*

Abstrak

Selat Bali merupakan wilayah perairan dengan produktivitas perikanan pelagis yang tinggi, khususnya ikan kembung yang bernilai ekonomis penting. Distribusi dan kelimpahan ikan kembung dipengaruhi oleh kondisi oseanografi, terutama konsentrasi klorofil-a, SPL, dan PAR. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola sebaran spasial dan temporal klorofil-a, SPL, dan PAR serta hubungan ketiga parameter tersebut terhadap hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali periode 2015–2024. Data klorofil-a, SPL, dan PAR diperoleh dari citra satelit Aqua MODIS Level-3, sedangkan data hasil tangkapan ikan kembung berasal dari PPN Pengambangan, PPP Muncar, dan TPI Kedonganan. Analisis spasial dan temporal dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan data dan *excel*, serta hubungan antar variabel dianalisis dengan korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a memiliki pola musiman yang kuat, dengan nilai rendah pada Januari–Maret (0–0,4 mg/m³), meningkat pada April–Mei (0,4–0,7 mg/m³), dan mencapai puncak pada Juli–September (0,6–1,0 mg/m³). SPL menunjukkan suhu tertinggi pada Februari–Maret (30,5–30,7 °C) dan terendah pada Agustus (26,3–26,5 °C), sedangkan PAR berkisar antara 36–58 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dengan puncak pada September–Oktober. Hubungan klorofil-a dan hasil tangkapan ikan kembung menunjukkan korelasi positif rendah hingga sedang ($r \approx 0,2\text{--}0,4$), SPL menunjukkan korelasi bervariasi dari positif kuat hingga negatif kuat, dan PAR memiliki korelasi positif rendah. Secara keseluruhan, hasil tangkapan ikan kembung dipengaruhi oleh interaksi dinamis parameter oseanografi yang bersifat musiman.

Kata Kunci: *klorofil-a; suhu permukaan laut; PAR; ikan kembung; Aqua MODIS; Selat Bali*

doi: <https://doi.org/10.24843/bljc.2026.v26.i02.p04>



© 2019 by the authors; Content from this work may be used under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 licence. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. Published under licence by Udayana University, Indonesia.

1. Pendahuluan

Ikan kembung merupakan salah satu sumber daya perikanan pelagis yang memiliki nilai ekonomi tinggi di kawasan Asia Tenggara (Konseng *et al.*, 2020). Ikan ini menjadi komoditas perikanan penting dengan permintaan pasar yang tinggi serta hasil tangkapan yang melimpah, sehingga berperan besar dalam meningkatkan pendapatan nelayan (Aprilia *et al.*, 2021). Habitat ikan kembung tersebar di perairan neritik hingga lepas pantai dengan kedalaman mencapai 90 m (Wandira *et al.*, 2019), dan salah satu wilayah penyebarannya adalah perairan Selat Bali. Selat Bali berada di antara Pulau Jawa dan Pulau Bali dengan tingkat kesuburan yang tinggi, sehingga memiliki potensi bagi sumber daya perikanan pelagis (Clinton *et al.*, 2022). Selat Bali menjadi sumber kehidupan berbagai jenis ikan pelagis kecil, seperti Lemuru (*Sardinella longiceps*), Tongkol (*Euthynnus spp.*) dan Kembung (*Rastrelliger spp.*) (Listiyani *et al.*, 2017). Data produksi dari Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambengan menunjukkan bahwa hasil tangkapan ikan kembung meningkat dari 53 ton pada tahun 2018 (Sarasita *et al.*, 2020) menjadi 583,83 ton pada tahun 2023.

Distribusi dan kelimpahan ikan pelagis dipengaruhi oleh kondisi oseanografi, terutama konsentrasi klorofil-a, SPL, dan PAR (Munthe *et al.*, 2018). Klorofil-a berperan sebagai indikator produktivitas primer perairan yang berhubungan langsung dengan ketersediaan pakan alami bagi ikan pelagis kecil, termasuk ikan kembung (Sarasita *et al.*, 2020). SPL berkaitan dengan dinamika massa air dan fenomena oseanografi seperti *front* dan *upwelling* yang memengaruhi distribusi ikan pelagis (Ekaputra *et al.*, 2019). Sementara itu, PAR merupakan sumber energi utama dalam proses fotosintesis fitoplankton yang menentukan tingkat produktivitas primer perairan dan mendukung rantai makanan laut (Wulandari *et al.*, 2019).

Penginderaan jauh menggunakan citra satelit Aqua MODIS memungkinkan pemantauan variabilitas spasial klorofil-a, SPL, dan PAR secara efisien dan berkelanjutan. Satelit Aqua MODIS telah terbukti memiliki akurasi yang baik dalam memantau parameter oseanografi di perairan Indonesia (Sastra *et al.*, 2017). Data klorofil-a dari Aqua MODIS menunjukkan hubungan yang cukup kuat dengan data *in situ* di perairan Banyuwangi dengan nilai koefisien determinasi sebesar $r^2 = 0,5495$ (Taufik & Wiliyanto, 2016), sedangkan data SPL memiliki nilai koefisien korelasi rata-rata sebesar $r = 0,72$ (Al Tanto, 2020). Selain itu, pengukuran PAR menggunakan Aqua MODIS juga terbukti akurat dan sesuai dengan data lapangan setelah dilakukan koreksi atmosfer dan kalibrasi radiometrik (Tan *et al.*, 2019).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji hubungan klorofil-a dan SPL terhadap hasil tangkapan ikan pelagis di Selat Bali, seperti pada ikan lemuru dan tongkol (Sastra *et al.*, 2017; Clinton, 2021; Algifari, 2022). Namun, kajian yang memasukkan PAR sebagai parameter oseanografi tambahan serta menggunakan ikan kembung sebagai objek utama penelitian di Selat Bali masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola sebaran spasial klorofil-a, SPL, dan PAR di perairan Selat Bali selama periode 2015–2024 serta mengkaji korelasinya dengan hasil tangkapan ikan kembung. Periode 2015–2024 dipilih karena rentang waktu tersebut menyediakan data citra satelit Aqua MODIS Level-3 yang tersedia secara kontinu dan memiliki resolusi temporal bulanan yang konsisten. Rentang waktu 10 tahun dianggap cukup representatif untuk menggambarkan variabilitas musiman dan antar-tahunan parameter oseanografi di Selat Bali yang dipengaruhi oleh sistem monsun dan variabilitas iklim regional (Sugianto *et al.*, 2021). Sehingga, periode tersebut memungkinkan analisis hubungan yang lebih stabil antara parameter klorofil-a, SPL, PAR dan hasil tangkapan ikan kembung, karena fluktuasi jangka pendek dapat diminimalkan melalui analisis deret waktu yang lebih panjang. Pemahaman mengenai variabilitas spasial ketiga parameter oseanografi ini diharapkan dapat mendukung pengelolaan perikanan yang lebih berkelanjutan dan meningkatkan efektivitas konservasi ekosistem perairan Selat Bali. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang sebaran spasial konsentrasi klorofil-a, SPL dan PAR di Selat Bali terhadap hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali.

2. Metode Penelitian

2.1. Pengolahan data

2.1.1. Pengolahan citra spasial

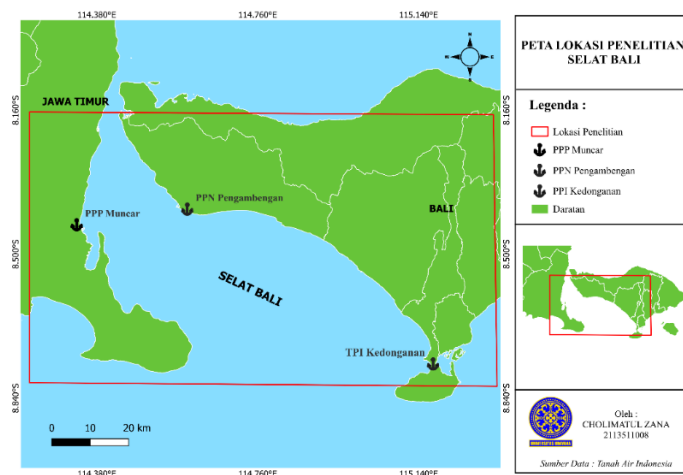
Pengolahan citra spasial menggunakan data satelit Aqua MODIS Level-3 bulanan periode Januari 2015–Desember 2024 dari website NASA *Ocean Color* dalam format *NetCDF (.nc)*. Data yang telah melalui koreksi atmosfer, kalibrasi radiometrik, dan komposit spasial ini mencakup parameter klorofil-a, SPL dan PAR dengan resolusi 4 km. Data dibaca menggunakan fungsi *ncread* untuk mengekstrak koordinat lintang, bujur, dan nilai parameter, kemudian dipotong sesuai batas wilayah Selat Bali (8,16° LS–8,80° LS dan 114,3° BT–115,2° BT). Setelah proses *cropping*, setiap layer bulanan diekstraksi untuk menghitung nilai rata-rata spasial dengan mengabaikan data kosong (*NaN*), serta menentukan nilai minimum dan maksimum untuk menggambarkan rentang variasi kondisi oseanografi. Hasil pengolahan divisualisasikan dalam bentuk peta distribusi spasial dan peta klimatologi bulanan (rata-rata bulan yang sama selama 2015–2024). Selain itu, diagram Hovmöller disusun dari data tiga dimensi (*longitude × latitude × waktu*) yang dirata-ratakan terhadap lintang sehingga menghasilkan matriks dua dimensi (*longitude × waktu*) dalam bentuk heatmap. Sumbu horizontal menunjukkan posisi bujur wilayah penelitian, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan urutan waktu bulanan selama 120 bulan. Diagram Hovmöller digunakan untuk membantu mengidentifikasi pola perubahan spasial-temporal parameter oseanografi seperti kecenderungan pola musiman yang berulang selama periode penelitian.

2.1.2 Pengolahan data temporal

Pengolahan data temporal dilakukan untuk menganalisis pola fluktuasi parameter oseanografi dan hasil tangkapan ikan kembung periode Januari 2015–Desember 2024. Data Aqua MODIS Level-3 format *NetCDF (.nc)* dibaca menggunakan fungsi *ncread* dan diolah menjadi nilai rata-rata bulanan berdasarkan hasil *spatial averaging*, kemudian disusun sebagai deret waktu (*time series*) selama 120 bulan. Data klorofil-a, SPL, dan PAR divisualisasikan dalam grafik temporal bulanan, tahunan, dan keseluruhan periode untuk mengidentifikasi pola klimatologi, fluktuasi antar tahun, serta nilai maksimum, minimum, dan kecenderungan perubahan parameter oseanografi selama periode penelitian.

Data hasil tangkapan ikan kembung diperoleh dari PPN Pengambengan, PPP Muncar, dan TPI Kedonganan dalam bentuk data bulanan. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* dengan cara menjumlahkan data total tangkapan bulanan pada masing-masing pelabuhan, menjadi total tangkapan bulanan di Selat Bali. Data bulanan hasil tangkapan ikan kembung kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik fluktuasi temporal untuk melihat pola perubahan jumlah tangkapan selama 10 tahun.

Output dari tahapan ini berupa peta distribusi spasial rata-rata klorofil-a, SPL, dan PAR, peta klimatologi bulanan, serta diagram Hovmöller yang kemudian digunakan sebagai dasar analisis variabilitas spasial parameter oseanografi.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Analisis data

2.2.1 Analisis sebaran klorofil-a, SPL dan PAR

Analisis spasial dilakukan dengan menyusun peta sebaran rata-rata klorofil-a, SPL, dan PAR untuk menggambarkan distribusi nilai parameter pada setiap lokasi penelitian berdasarkan rata-rata nilai pada tiap grid piksel, sehingga dapat diidentifikasi wilayah dengan nilai tinggi dan rendah yang berkaitan dengan produktivitas perairan, kondisi suhu, dan ketersediaan energi cahaya bagi fotosintesis fitoplankton. Analisis temporal dilakukan dengan menyusun deret waktu (*time series*) konsentrasi klorofil-a, SPL, dan PAR periode 2015–2024 berdasarkan rata-rata spasial bulanan (120 bulan), kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata, maksimum, dan minimum serta divisualisasikan dalam grafik *time series* guna mengidentifikasi pola kenaikan dan penurunan nilai, variabilitas musiman, dan fluktuasi antar tahun di Selat Bali.

2.2.2 Analisis hasil tangkapan ikan kembung

Analisis data hasil tangkapan ikan kembung dilakukan menggunakan statistik deskriptif terhadap data bulanan periode 2015–2024 yang diperoleh dari PPN Pengambangan, PPP Muncar, dan TPI Kedonganan. Data yang telah digabungkan disusun dalam bentuk deret waktu (*time series*) selama 120 bulan untuk melihat fluktuasi tangkapan, kemudian dihitung nilai rata-rata, maksimum, dan minimum guna mengetahui kisaran produksi selama 10 tahun. Pola peningkatan dan penurunan tangkapan dianalisis berdasarkan perubahan nilai antar bulan dan antar tahun yang divisualisasikan dalam grafik *time series* dan peta sebaran untuk mengidentifikasi variabilitas musiman serta perubahan produksi ikan kembung di Selat Bali.

2.2.3. Analisis statistik deskriptif

Rumus rata-rata (*mean*) digunakan untuk memperoleh nilai representatif parameter oseanografi dan hasil tangkapan ikan kembung selama periode penelitian. Perhitungan rata-rata diterapkan pada rata-rata spasial bulanan (rata-rata seluruh piksel tiap bulan), rata-rata klimatologi bulanan (rata-rata bulan yang sama selama 10 tahun), serta rata-rata tahunan (rata-rata seluruh bulan dalam satu tahun) untuk mengidentifikasi pola variabilitas musiman dan antar tahun (Navarro dan foxcroft, 2019) :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

dimana $\bar{x}$ adalah nilai rata-rata parameter oseanografi atau hasil tangkapan ikan pada periode tertentu; x_i adalah nilai klorofil-a, SPL, PAR, atau jumlah tangkapan pada waktu tertentu; n adalah jumlah data; dan i adalah urutan data.

2.2.4 Analisis korelasi *pearson*

Analisis korelasi *pearson* dilakukan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi klorofil-a dan SPL terhadap hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali. Analisis hubungan antar variabel dilakukan menggunakan korelasi *Pearson* karena data yang digunakan berupa data kuantitatif kontinu, sehingga memungkinkan analisis hubungan linear antar variabel (Schober, 2018). Berikut merupakan persamaan korelasi *pearson* (Saleh, 2019) :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\frac{1}{n}\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\frac{1}{n}\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2\right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\frac{1}{n}\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2\right]}} \quad (2)$$

dimana r adalah korelasi; n adalah jumlah data; x adalah data klorofil-a (mg/m^3), SPL ($^{\circ}\text{C}$) dan PAR ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$); y adalah tangkapan ikan kembung (Kg).

Interpretasi nilai koefisien korelasi dilakukan untuk memahami pola keterkaitan yang terjadi, apakah hubungan yang terbentuk bersifat positif atau negatif, serta seberapa kuat hubungan tersebut. Dalam

penelitian ini, interpretasi nilai koefisien korelasi (r) mengacu pada kriteria yang dikemukakan oleh Saleh (2019):

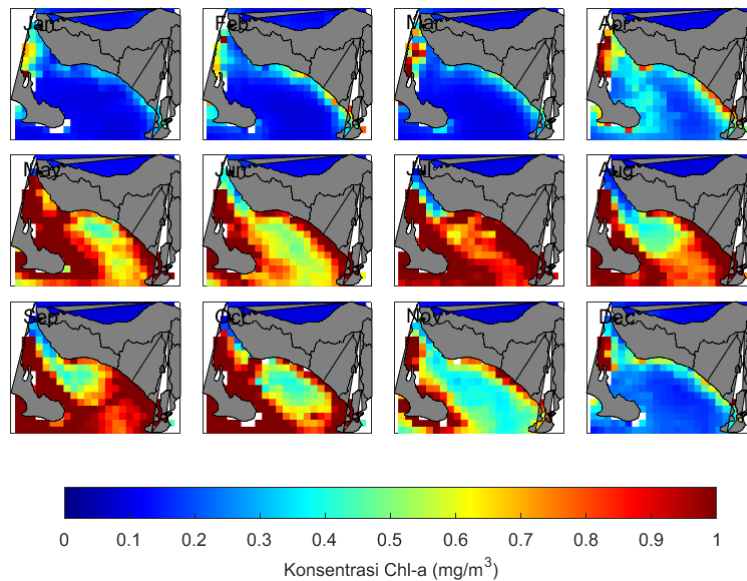
Tabel 1. Tingkat hubungan koefisien korelasi

Koefisien Korelasi Positif	Koefisien Korelasi Negatif	Tingkat Hubungan
0,00 hingga 0,199	-0,00 hingga -0,199	Sangat Lemah
0,20 hingga 0,399	-0,20 hingga -0,399	Lemah
0,40 hingga 0,599	-0,40 hingga -0,599	Sedang
0,60 hingga 0,799	-0,60 hingga -0,799	Kuat
0,80 hingga 1,00	-0,80 hingga -1,00	Sangat Kuat

3. Hasil dan Pembahasan

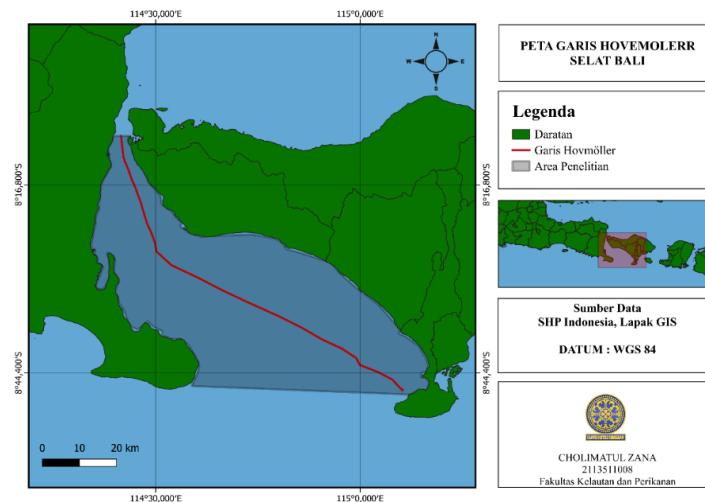
3.1 Variabilitas konsentrasi klorofil-a

Berdasarkan Gambar 2, konsentrasi klorofil-a menunjukkan pola musiman yang jelas, dengan nilai rendah pada Januari–Maret ($0\text{--}0,4\text{ mg/m}^3$) akibat dominasi Musim Barat yang menyebabkan kolom air stabil dan suplai nutrisi terbatas (Wiadnyana & Mudjiono, 2019). Konsentrasi klorofil-a meningkat pada April–Mei ($0,4\text{--}0,7\text{ mg/m}^3$) seiring dengan dimulainya proses pencampuran massa air pada periode peralihan (Sukresno *et al.*, 2018), dan mencapai puncak pada Juli–September ($0,6\text{--}1,0\text{ mg/m}^3$) sebagai dampak dari penguatan proses *upwelling* dan pencampuran vertikal pada periode Musim Timur (Gustantia *et al.*, 2021). Selanjutnya, konsentrasi klorofil-a kembali menurun pada Oktober–Desember hingga kisaran $0,1\text{--}0,6\text{ mg/m}^3$ Melemahnya intensitas angin mengurangi proses *upwelling* dan pencampuran vertikal, sehingga suplai nutrisi ke permukaan perairan menurun (Rachman *et al.*, 2025).



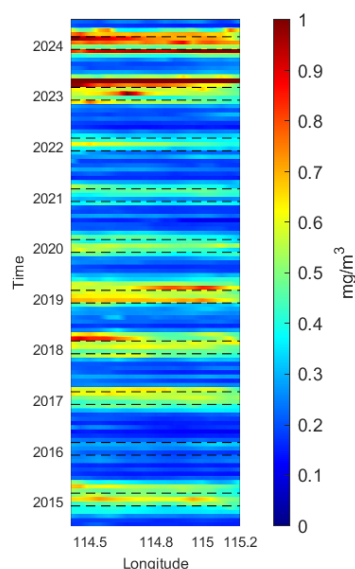
Gambar 2. Sebaran rata-rata klorofil-a

Berdasarkan peta garis dan diagram Hovmöller (Gambar 3), transek klorofil-a dari utara ke selatan Selat Bali merepresentasikan dinamika massa air pesisir hingga tengah selat.



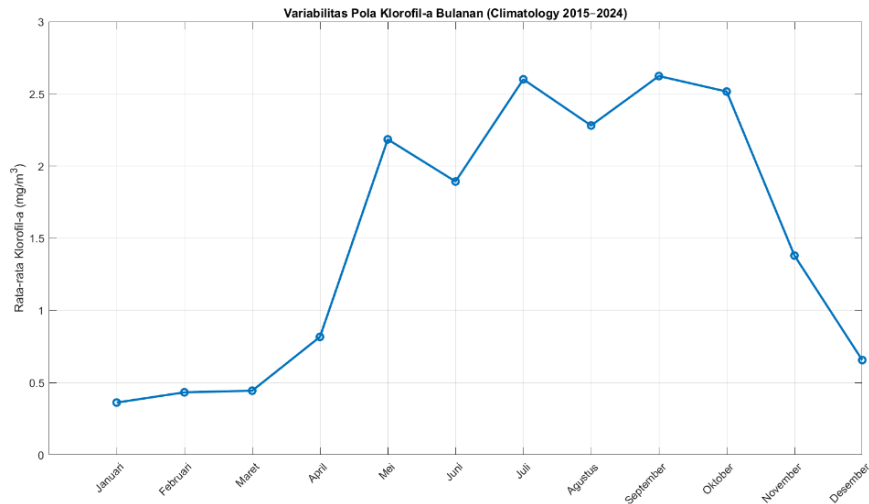
Gambar 3. Peta Garis Hovmöller

Diagram Hovmöller 2015–2024 menunjukkan pola musiman yang konsisten, dengan klorofil-a tinggi pada Mei–September dan rendah pada awal serta akhir tahun, serta fluktuasi antar-tahun yang ditandai nilai tinggi pada Konsentrasi klorofil-a yang relatif lebih tinggi teridentifikasi pada tahun 2018, yang ditunjukkan oleh warna bernilai tinggi (merah) dan sebaran yang lebih intensif di wilayah barat. Tahun 2019, ditunjukkan oleh warna bernilai tinggi (merah) dan sebaran yang lebih intensif di wilayah timur. Tahun 2023–2024, yang ditunjukkan oleh dominasi warna bernilai tinggi (merah) dan sebaran yang lebih intensif dominan pada musim timur. Sebaliknya, pada tahun 2016, 2020, 2021 dan 2022, konsentrasi klorofil-a cenderung lebih rendah dibandingkan tahun-tahun lainnya, dengan sebaran nilai tinggi yang lebih terbatas. Perbedaan antar-tahun ini menunjukkan bahwa dinamika klorofil-a tidak hanya dipengaruhi oleh faktor musiman, tetapi juga oleh variabilitas temporal jangka panjang. kondisi iklim yang kurang mendukung diduga menyebabkan melemahnya *upwelling* sehingga konsentrasi klorofil-a relatif lebih rendah (Deshafa, 2025).



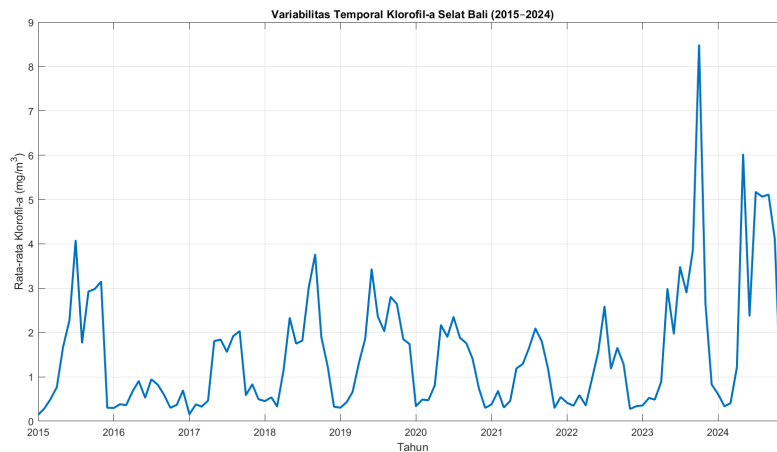
Gambar 3. Diagram Hovmöller klorofil-a

Berdasarkan grafik variabilitas temporal bulanan klorofil-a periode 2015–2024 (Gambar 5), konsentrasi klorofil-a menunjukkan pola musiman yang konsisten, dengan nilai relatif rendah pada Januari–Maret ($0,3\text{--}0,5\text{ mg/m}^3$), meningkat mulai April, dan mencapai puncak pada periode Mei–Oktober.



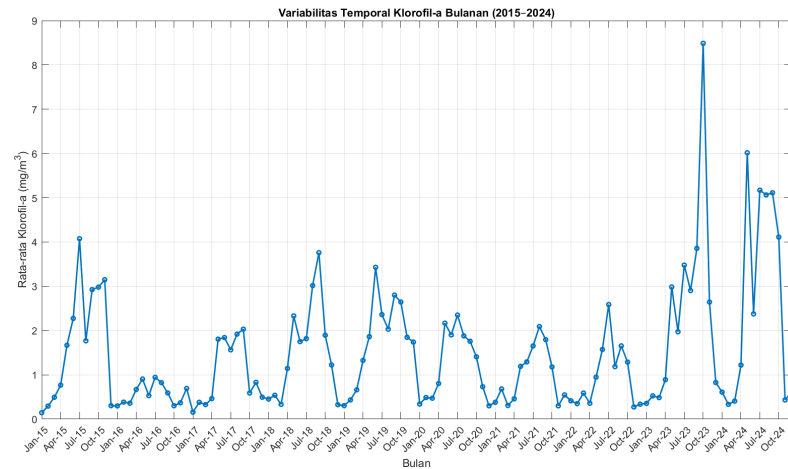
Gambar 5. Grafik temporal bulanan klorofil-a

Nilai maksimum umumnya terjadi pada Juli dan September dengan konsentrasi lebih dari $2,5\text{ mg/m}^3$, kemudian menurun kembali hingga Desember. Beberapa tahun, seperti 2018, 2019, 2023, dan 2024 (Gambar 6), menunjukkan lonjakan konsentrasi klorofil-a yang sangat tinggi dengan nilai sesaat melebihi 5 mg/m^3 , bahkan mendekati 9 mg/m^3 , sedangkan pada tahun 2016, 2020, dan 2022 fluktuasi klorofil-a relatif lebih rendah.



Gambar 6. Grafik temporal tahunan klorofil-a

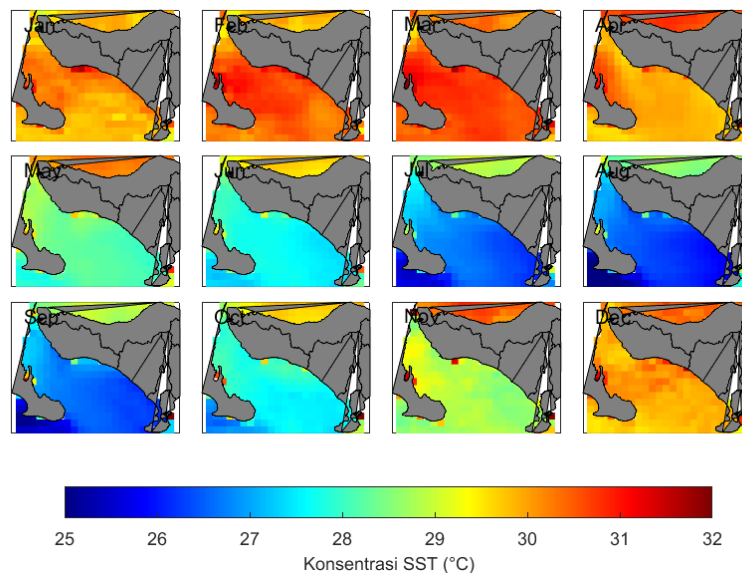
Secara keseluruhan, deret waktu bulanan (Gambar 7) memperlihatkan fluktuasi klorofil-a yang kuat secara musiman dan antar-tahun, dengan peningkatan yang konsisten pada pertengahan tahun namun intensitas puncak yang bervariasi antar-tahun. Variabilitas antar-tahun pada konsentrasi klorofil-a mengindikasikan pengaruh fenomena iklim global, di mana kondisi *El Niño* atau IOD positif memperkuat *upwelling* dan meningkatkan produktivitas primer, sedangkan *La Niña* atau IOD negatif cenderung melemahkannya (Maysarah, 2022).



Gambar 7. Grafik temporal tahunan klorofil-a 2015-2024

3.2 Variabilitas konsentrasi suhu permukaan laut (SPL)

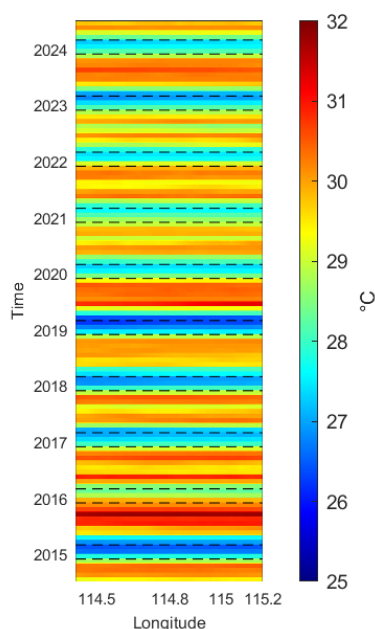
Analisis SPL 2015–2024 (Gambar 8) menunjukkan pola musiman yang konsisten, dengan suhu tinggi pada Januari–April (29–31 °C), menurun pada Mei–Juni, minimum pada Juli–September (25–27 °C), lalu meningkat kembali pada Oktober–Desember (28–30 °C). Pola ini terkait Musim Barat yang menyebabkan perairan hangat dan stabil akibat lemahnya pencampuran vertikal (Rahardian *et al.*, 2019). Penurunan suhu permukaan laut dipengaruhi oleh proses *upwelling* musiman yang terjadi akibat penguatan angin timur, sehingga massa air yang lebih dingin dan kaya nutrisi terdorong ke permukaan serta meningkatkan produktivitas perairan (Marshita dan Lumban, 2019).



Gambar 8. Sebaran rata-rata SPL

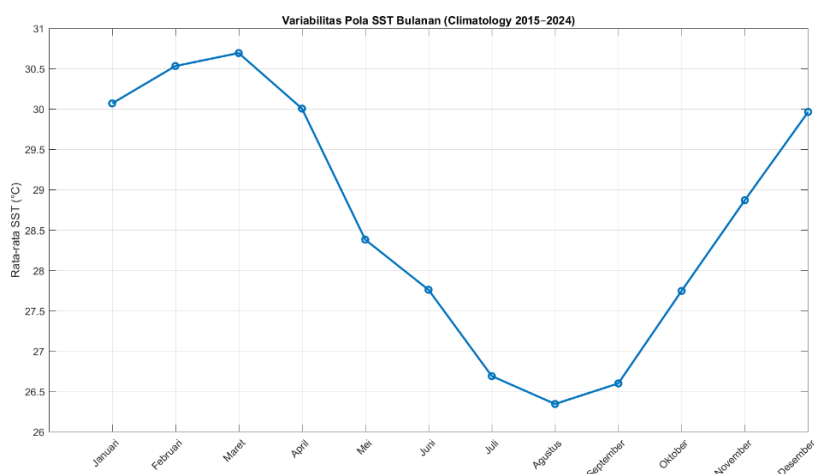
Diagram Hovmöller SPL periode 2015–2024 (Gambar 9) menunjukkan pola musiman yang konsisten, dengan SPL lebih tinggi pada awal hingga akhir tahun (29–31 °C) dan lebih rendah pada pertengahan tahun (25–27 °C). Selain itu, terdapat variasi antar-tahun, dengan SPL yang relatif lebih tinggi pada tahun 2016

dibandingkan tahun lainnya. Variabilitas SPL selama periode 2015–2024 di Selat Bali dipengaruhi oleh sistem monsun regional, yang ditandai dengan penurunan suhu pada Musim Timur dan peningkatan suhu pada Musim Barat, sehingga turut memengaruhi dinamika perairan serta potensi perikanan pelagis (Wijaya *et al.*, 2020).



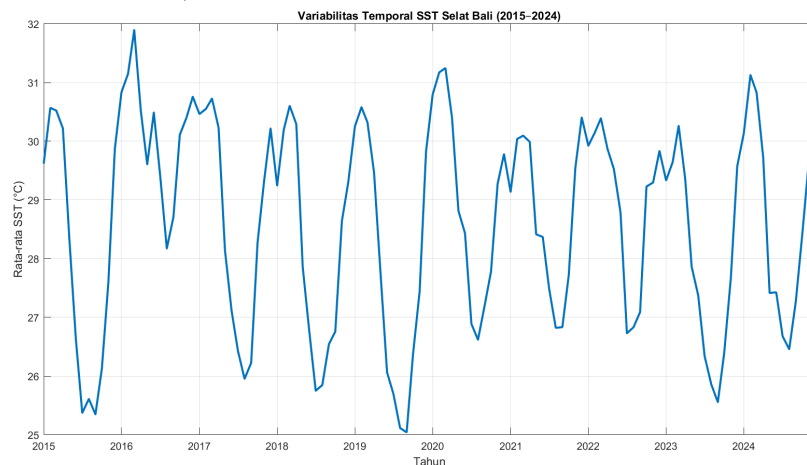
Gambar 9. Diagram hovmöller SPL

Berdasarkan (Gambar 10), SPL periode 2015–2024 menunjukkan pola musiman yang konsisten dengan variasi antar-tahun. Nilai SPL tertinggi terjadi pada Februari–Maret (30,5–30,7 °C) dan terendah pada Agustus (26,3–26,5 °C), mencerminkan siklus tahunan dengan pemanasan pada awal tahun dan pendinginan pada pertengahan tahun. Penurunan SPL pada Mei–Agustus dipengaruhi monsun timur yang memicu *upwelling* di selatan Jawa–Bali, termasuk Selat Bali, sehingga massa air dingin terangkat ke permukaan dan meningkatkan produktivitas primer perairan (Anom *et al.*, 2017).



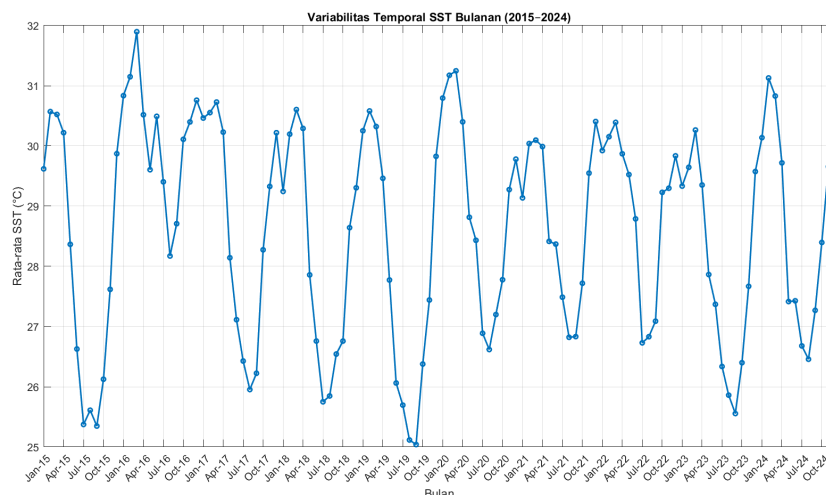
Gambar 10. Variabilitas temporal bulanan SPL

Variabilitas antar-tahun (Gambar 11) menunjukkan SPL minimum yang lebih rendah pada 2015, 2019, dan 2023 (25–26 °C), serta SPL maksimum yang lebih tinggi pada 2016–2017, 2020, dan 2024 (31–32 °C). Pada tahun tertentu, variasi pendinginan atau pemanasan SPL yang lebih kuat berkaitan dengan penguatan *upwelling* dan fenomena yang memodulasi angin monsun serta proses oseanografi di perairan Indonesia (Rahmadhandi, 2019).



Gambar 11. Variabilitas temporal tahunan SPL

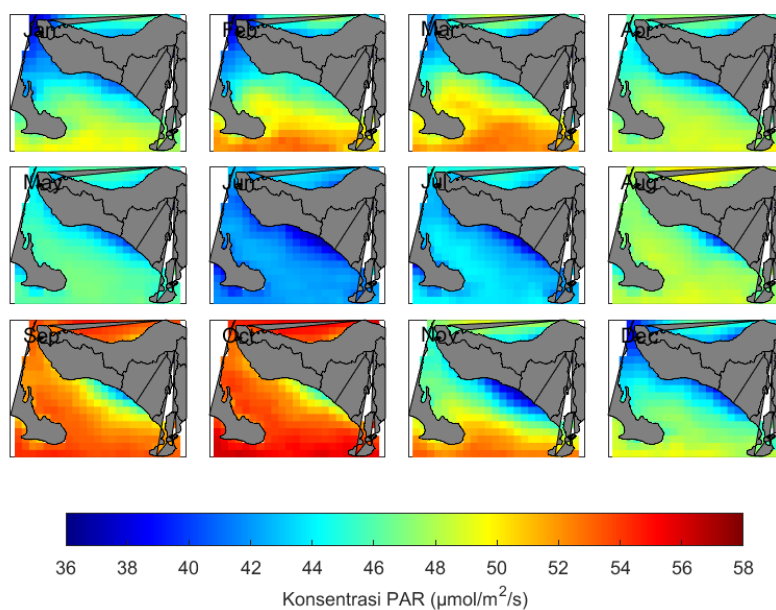
Secara keseluruhan deret bulanan (Gambar 12), fluktuasi intra-tahunan memperlihatkan puncak suhu pada Maret–April dan November–Desember, serta nilai terendah yang konsisten pada Juli–Agustus. Fenomena ini berpotensi memengaruhi stabilitas kolom air dan menurunkan pencampuran vertikal, sehingga SPL cenderung lebih tinggi (Mubarrok dan Radjawane, 2025). Dengan demikian pola fluktuasi intra-tahunan yang ditunjukkan oleh grafik SPL bulanan mencerminkan keseimbangan antara pemanasan radiasi matahari, dinamika angin musiman, serta proses oseanografi seperti *upwelling* dan pencampuran vertikal. Interaksi faktor-faktor tersebut secara simultan mengontrol dinamika suhu permukaan laut di Selat Bali sepanjang tahun.



Gambar 12. Variabilitas temporal tahunan SPL 2015-2024

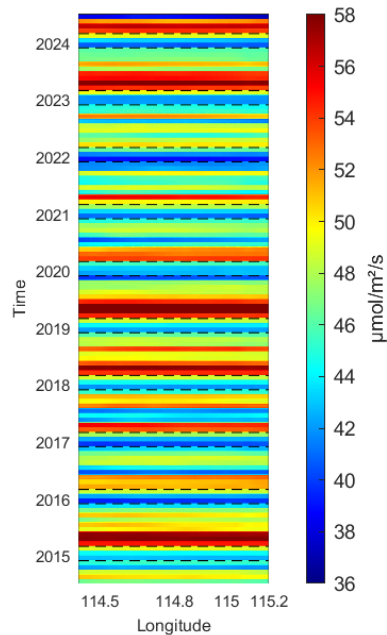
3.3 Variabilitas konsentrasi PAR

Analisis PAR periode 2015–2024 di Selat Bali menunjukkan variasi temporal dengan pola musiman yang konsisten (Gambar 13). Pada Januari–April, PAR berada pada kategori menengah hingga tinggi dengan nilai lebih besar di wilayah selatan (45–52 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) dibandingkan utara (36–42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Konsentrasi PAR menurun pada Mei–Agustus (36–46 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), kemudian meningkat signifikan pada September–November hingga mencapai nilai maksimum tahunan (52–58 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), sebelum kembali menurun ke kisaran menengah pada Desember (42–48 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Nilai PAR yang tinggi mencerminkan ketersediaan energi cahaya yang memadai bagi berlangsungnya fotosintesis fitoplankton (Hwang *et al.*, 2022). Sebaliknya, rendahnya nilai PAR pada periode Mei–Agustus (Musim Timur) berkaitan dengan meningkatnya tutupan awan, intensitas angin, serta kekeruhan perairan yang menyebabkan penetrasi cahaya ke dalam kolom air berkurang, sehingga nilai PAR di permukaan perairan menurun (Gustantia *et al.*, 2021).



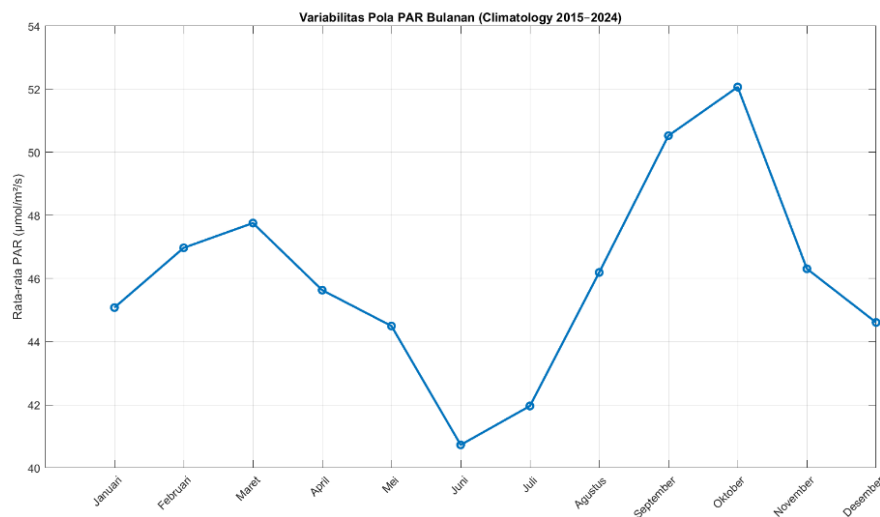
Gambar 13. Sebaran spasial rata-rata PAR

Diagram Hovmöller PAR 2015–2024 (Gambar 14) menunjukkan pola musiman yang konsisten pada kisaran 36–58 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, didominasi oleh variasi temporal dibandingkan spasial bujur. Nilai PAR meningkat pada September–November, menurun pada Mei–Juli, dengan intensitas relatif lebih tinggi pada tahun 2019, 2020, dan 2024. Indikasi terjadinya *upwelling* tidak hanya ditunjukkan oleh perubahan nilai PAR, tetapi didukung oleh pola parameter oseanografi lainnya seperti penurunan SPL dan peningkatan konsentrasi klorofil-a pada periode musim timur. Pada bulan Juni hingga Agustus terlihat adanya peningkatan klorofil-a yang disertai penurunan suhu permukaan laut, yang mengindikasikan adanya suplai nutrisi dari lapisan bawah menuju permukaan. Kondisi tersebut mendukung pertumbuhan fitoplankton yang memanfaatkan energi cahaya matahari (PAR) untuk proses fotosintesis. Dengan demikian, variasi PAR lebih berperan sebagai faktor pendukung produktivitas primer, sedangkan indikasi *upwelling* diperkuat oleh kombinasi perubahan SPL dan klorofil-a (Tan *et al.*, 2019).



Gambar 14. Diagram Hovmöller PAR

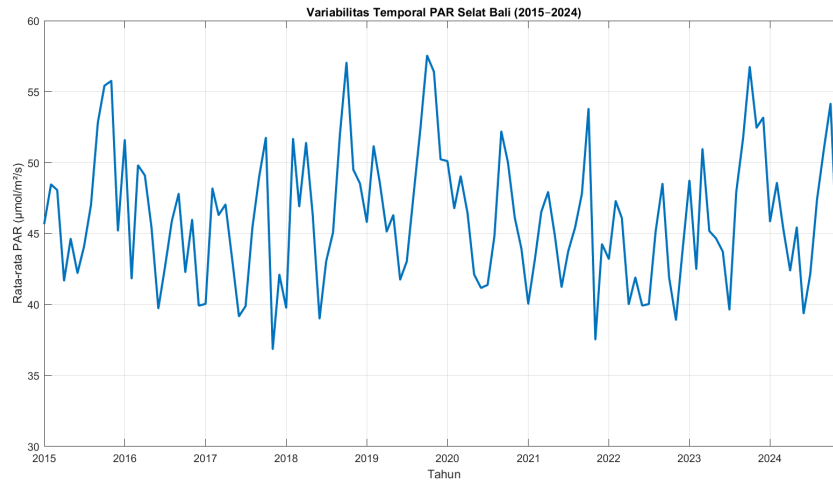
Berdasarkan grafik klimatologi bulanan periode 2015–2024 (Gambar 15), nilai PAR di Selat Bali menunjukkan pola musiman yang jelas, dengan nilai tertinggi pada akhir musim kemarau hingga awal musim peralihan, khususnya September–Oktober ($50\text{--}52\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), dan terendah pada Juni–Juli ($40\text{--}42\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).



Gambar 15. Variabilitas temporal bulanan PAR

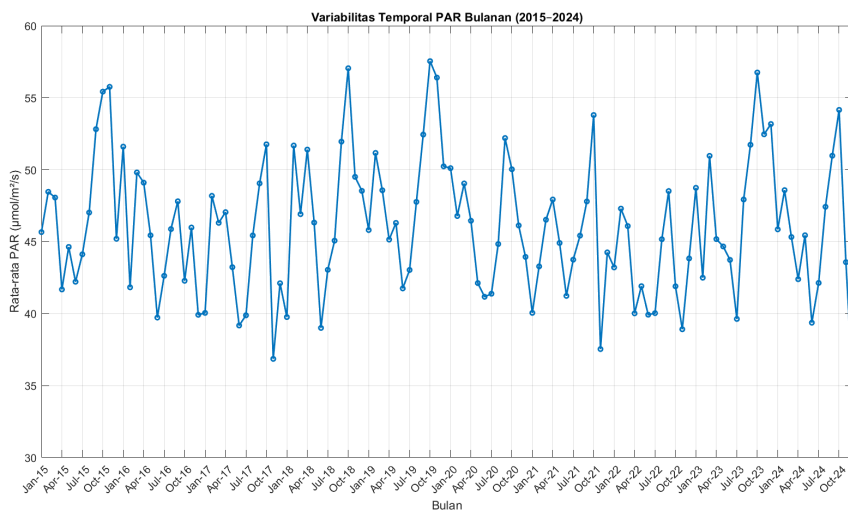
Variabilitas antar-tahun pada (Gambar 16) memperlihatkan fluktuasi PAR tahunan yang cukup signifikan dengan kisaran $38\text{--}58\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Variasi ini dapat dikaitkan dengan pengaruh fenomena iklim global seperti *El Niño* dan *La Niña* yang memodifikasi tutupan awan, curah hujan, dan transparansi

atmosfer di wilayah Indonesia. Studi sebelumnya menyebutkan bahwa pada fase *El Niño*, berkurangnya tutupan awan cenderung meningkatkan radiasi matahari dan PAR, sementara pada fase *La Niña* kondisi sebaliknya dapat terjadi (Wang *et al.*, 2021).



Gambar 16. Variabilitas temporal tahunan PAR

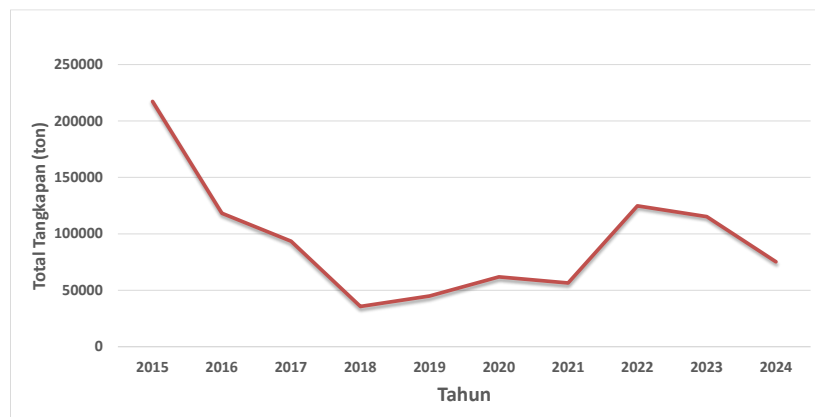
Sementara itu, variasi intra-tahunan pada (Gambar 17) menunjukkan fluktuasi yang lebih dinamis akibat respons PAR terhadap perubahan kondisi atmosfer jangka pendek, meskipun pola musiman tetap konsisten dengan nilai lebih tinggi pada musim kemarau dan lebih rendah pada musim hujan.



Gambar 17. Variabilitas temporal tahunan PAR 2015-2024

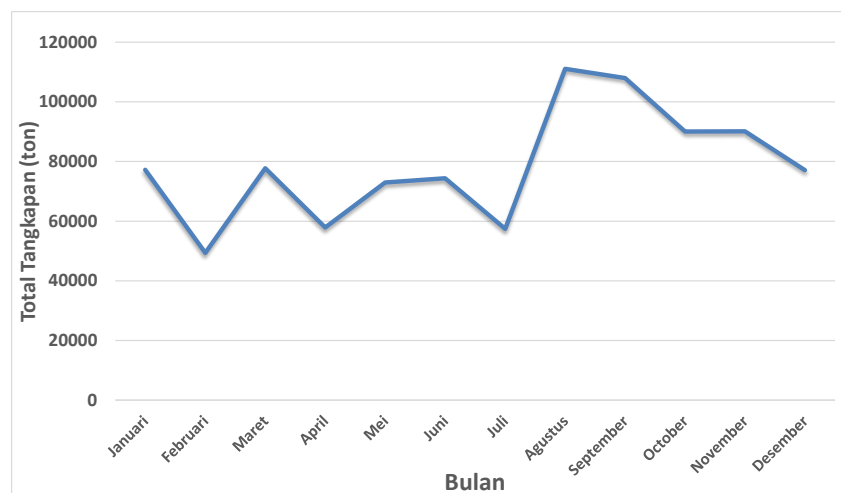
3.4 Fluktuasi tangkapan ikan kembung

Berdasarkan grafik total tangkapan ikan kembung periode 2015–2024 (Gambar 18), terlihat dinamika antartahunan yang kuat dengan tren menurun pada awal periode, dari puncak tertinggi pada tahun 2015 (216.000 ton) hingga titik terendah pada tahun 2018 (35.000 ton), diikuti pemulihan bertahap pada 2019–2021 dan peningkatan signifikan pada 2022–2023 sebelum kembali menurun pada 2024. Pola ini berkaitan dengan *upwelling* pada musim timur yang meningkatkan suplai nutrisi, konsentrasi klorofil-a, dan kelimpahan fitoplankton sebagai sumber pakan ikan kembung (Prasetyo *et al.*, 2022).



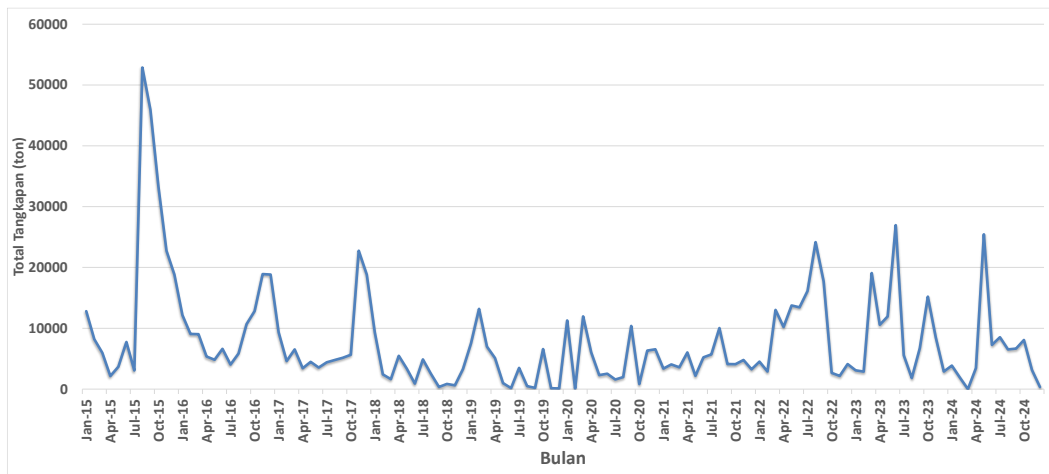
Gambar 18. Fluktuasi tahunan tangkapan ikan kembung

Sementara itu, grafik tangkapan bulanan (Gambar 19) menunjukkan pola musiman yang jelas, dengan tangkapan relatif tinggi pada awal tahun, mencapai puncak pada Agustus (>110.000 ton), dan menurun secara bertahap hingga akhir tahun, yang mencerminkan pengaruh variasi musiman terhadap hasil tangkapan ikan kembung.



Gambar 19. Fluktuasi bulanan tangkapan ikan kembung

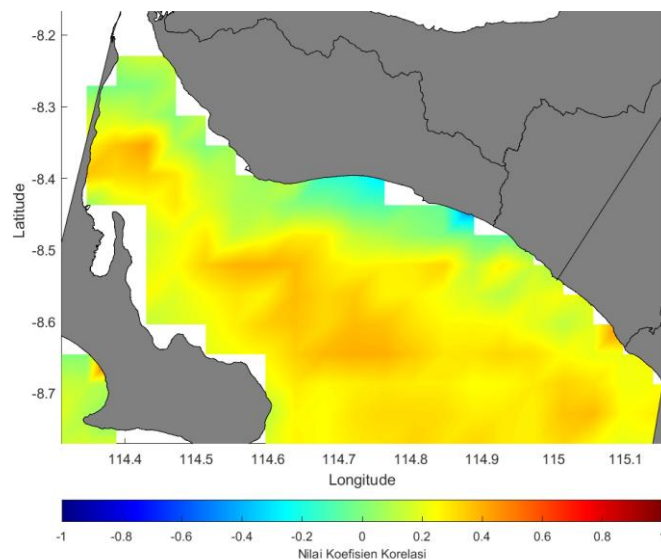
Tangkapan ikan kembung periode Januari 2015–Agustus 2024 (Gambar 20), terlihat variabilitas temporal yang tinggi dengan puncak tertinggi pada akhir tahun 2015 (Oktober–November) yang mencapai lebih dari 50.000 ton. Setelah 2016, tangkapan cenderung menurun dan berfluktuasi pada kisaran lebih rendah, umumnya di bawah 20.000 ton, dengan peningkatan sporadis pada 2017, 2022, dan 2023. Variabilitas ini dipengaruhi oleh faktor biologis (reproduksi dan migrasi ikan kembung) serta dinamika oseanografi seperti SPL, klorofil-a, dan angin musiman (Cheung *et al.*, 2021).



Gambar 20. Fluktuasi tangkapan ikan kembung 2015 - 2024

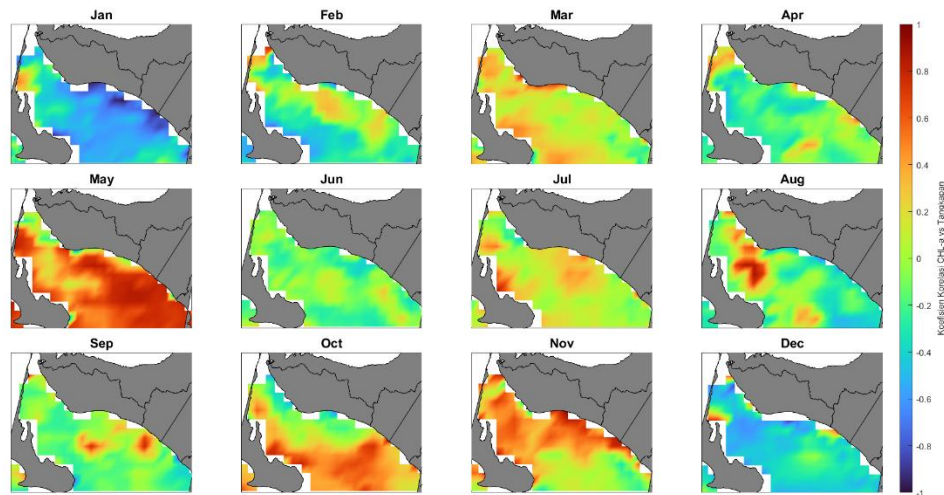
3.5 Hubungan klorofil-a dengan hasil tangkapan ikan kembung

Peta spasial koefisien korelasi klorofil-a dan tangkapan ikan kembung di Selat Bali periode 2015–2024 (Gambar 21) menunjukkan dominasi korelasi positif lemah hingga sedang (0.2 – 0.4) di sebagian besar perairan. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan klorofil-a umumnya diikuti peningkatan tangkapan ikan kembung, meskipun kekuatan hubungan bervariasi secara spasial dan pada beberapa lokasi menunjukkan korelasi rendah hingga mendekati nol. Hubungan positif antara klorofil-a dan hasil tangkapan ikan kembung mengindikasikan adanya keterkaitan trofik, di mana peningkatan kelimpahan fitoplankton dapat mendukung peningkatan zooplankton sebagai sumber makanan utama ikan pelagis kecil (Latifah *et al.*, 2024). Fenomena ini umumnya ditemukan pada perairan produktif yang dipengaruhi oleh pencampuran vertikal dan *upwelling* musiman di selatan Jawa–Bali pada Musim Timur, sehingga mendukung peningkatan produktivitas perairan dan agregasi ikan (Taufiqurrahman *et al.*, 2020).



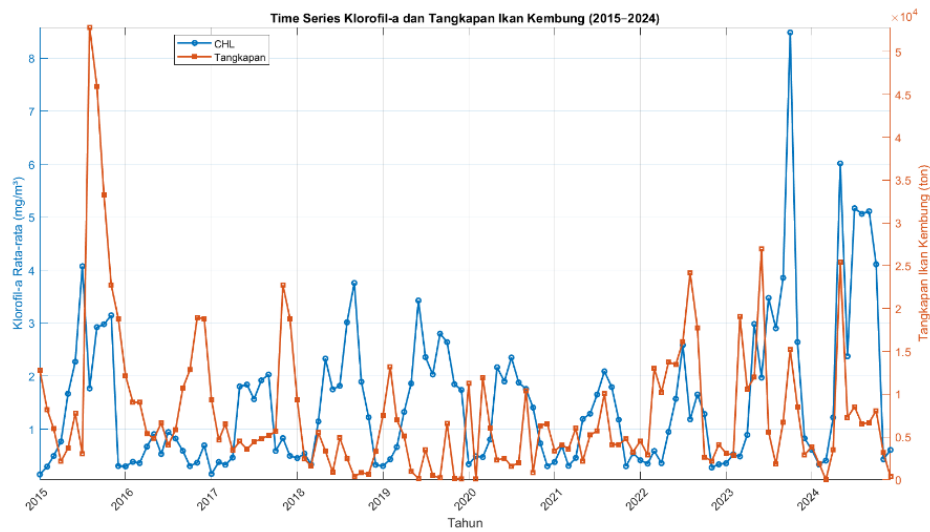
Gambar 21. Korelasi spasial klorofil-a dan hasil tangkapan ikan kembung

Korelasi spasial bulanan klorofil-a dan tangkapan ikan kembung di Selat Bali (Gambar 22) menunjukkan pola musiman yang jelas. Korelasi cenderung lemah hingga negatif pada Januari–Maret dan Desember, mulai menguat dan positif pada April–Mei, serta mencapai nilai positif paling kuat dan luas pada Juni–September. Pada Oktober–November, korelasi masih positif namun melemah di beberapa wilayah. Secara umum, korelasi klorofil-a dan tangkapan ikan kembung bersifat musiman dan spasial, dengan hubungan terkuat pada Musim Timur akibat *upwelling* regional yang konsisten setiap tahun (Suniada dan Susilo, 2018).



Gambar 22. Korelasi spasial klorofil-a dan hasil tangkapan ikan kembung

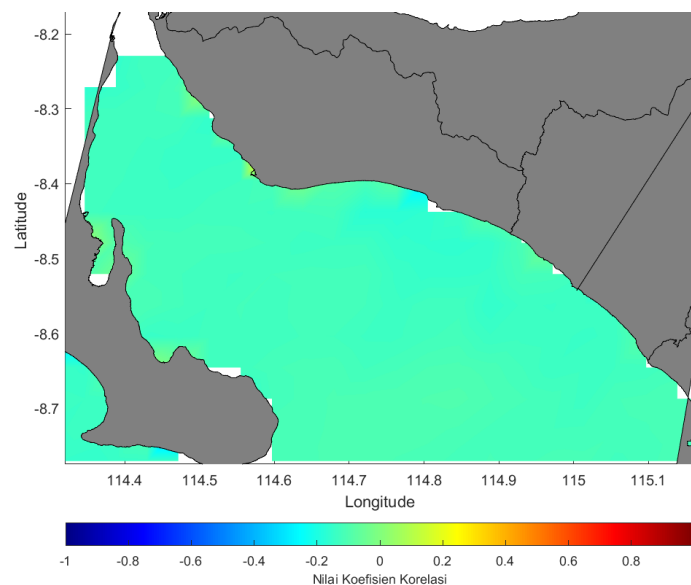
Berdasarkan (Gambar 23), klorofil-a dan hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali selama 2015–2024 menunjukkan fluktuasi temporal yang berubah-ubah. Peningkatan klorofil-a umumnya diikuti kenaikan tangkapan, meskipun puncaknya tidak selalu bersamaan dan hubungan keduanya tidak bersifat linier secara langsung. Pola ini menunjukkan mekanisme *bottom-up control*, di mana peningkatan klorofil-a meningkatkan ketersediaan pakan melalui rantai makanan dan akhirnya menaikkan biomassa ikan kembung (Hanafi *et al.*, 2025). Variasi tangkapan yang tidak selalu mengikuti klorofil-a juga dipengaruhi faktor non-lingkungan, seperti intensitas dan pola penangkapan, perubahan alat tangkap, serta tekanan penangkapan antar-tahun (Sukresno *et al.*, 2018).



Gambar 23. Grafik *time series* klorofil-a dan hasil tangkapan ikan kembung

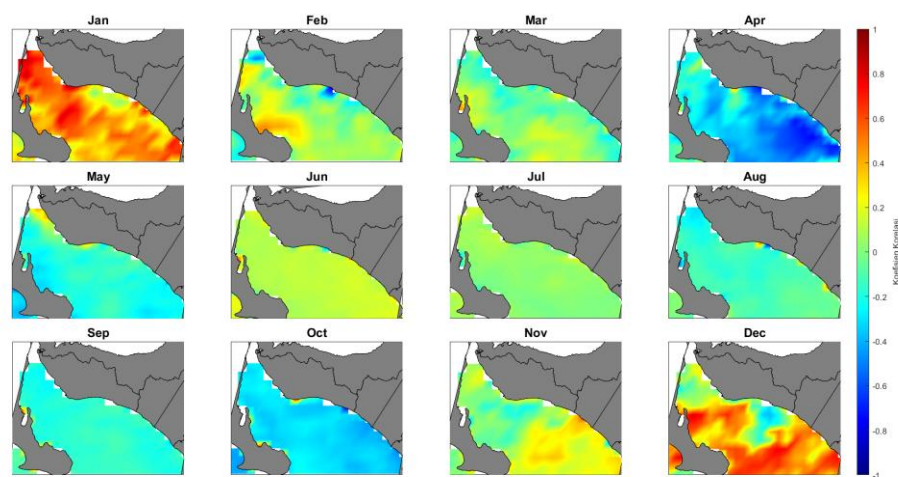
3.6 Hubungan suhu permukaan laut dengan hasil tangkapan Ikan Kembung

Berdasarkan (Gambar 24), korelasi spasial antara SPL dan hasil tangkapan Ikan Kembung selama 2015–2024 umumnya berada pada kategori lemah hingga sedang, dengan dominasi nilai mendekati nol (-0.2 – 0.2) di sebagian besar wilayah Selat Bali. Korelasi negatif relatif lebih kuat (hingga -0.6) teridentifikasi di bagian barat dan barat daya, sementara korelasi positif lemah–sedang (0.2 – 0.4) muncul secara terbatas di beberapa area lainnya. Korelasi positif yang lemah menunjukkan bahwa SPL bukan faktor utama, melainkan faktor pendukung dalam kisaran suhu optimal ikan kembung (Fauzi *et al.*, 2020).



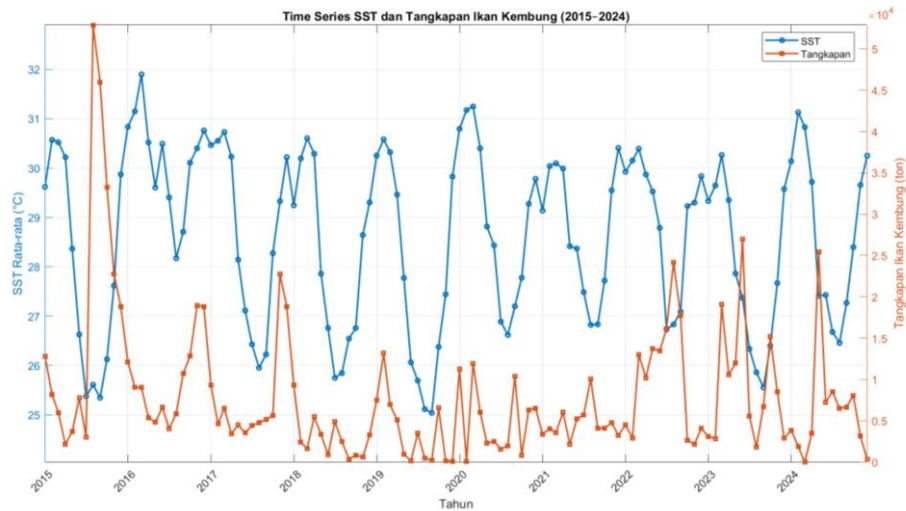
Gambar 24. Korelasi spasial SPL dengan tangkapan Ikan Kembung

Analisis korelasi spasial bulanan antara SPL dan tangkapan ikan kembung periode 2015–2024 (Gambar 25) menunjukkan variasi hubungan yang jelas secara temporal dan spasial. Pada Januari–Februari, korelasi positif kuat hingga sangat kuat (0,5–0,9) mendominasi wilayah penelitian. Kondisi ini berkaitan dengan fase monsun barat, di mana perairan relatif hangat dan stabil sehingga mendukung aktivitas berenang, migrasi, dan pemangsaan ikan kembung yang bersifat pelagis dan menyukai perairan hangat hingga sedang (Batubara *et al.*, 2022). Pada Maret–April, korelasi melemah dan cenderung berubah menjadi negatif lemah–sedang (–0,2 hingga –0,5). Periode Mei–Agustus didominasi korelasi negatif sedang hingga kuat (–0,4 sampai –0,7), terutama pada Juli–Agustus. Pendinginan SPL akibat proses *upwelling* berhubungan dengan meningkatnya hasil tangkapan ikan kembung, seiring dengan meningkatnya kesuburan perairan dan ketersediaan pakan yang didukung oleh peningkatan produktivitas primer (Gustantia *et al.*, 2021). Selanjutnya, pada September–Oktober korelasi mendekati nol, sebelum kembali menguat positif pada November–Desember (0,4–0,8). Secara umum, hubungan SPL dan tangkapan ikan kembung bersifat musiman, tidak linier, dan dipengaruhi monsun serta *upwelling*, dengan respons spasial yang bervariasi sesuai kondisi oseanografi lokal.



Gambar 25. Korelasi spasial bulanan SPL dengan tangkapan ikan kembung

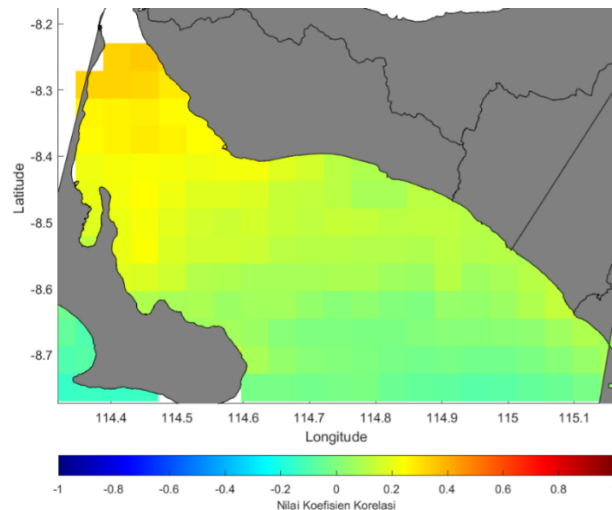
Analisis deret waktu SPL dan tangkapan ikan kembung periode 2015–2024 (Gambar 26) menunjukkan pola musiman yang jelas serta adanya respons tertunda (*lag*) antara variabilitas SPL dan hasil tangkapan. SPL berfluktuasi konsisten dengan nilai maksimum pada awal dan akhir tahun (30–32 °C) dan minimum pada pertengahan tahun (25–27 °C), sementara puncak tangkapan ikan kembung cenderung muncul setelah fase pendinginan SPL, bukan bertepatan langsung dengan suhu terendah. Pada grafik deret waktu terlihat bahwa beberapa tahun dengan penurunan SPL yang cukup kuat, seperti sekitar tahun 2015, 2019, dan 2023, diikuti oleh peningkatan hasil tangkapan ikan kembung. Fenomena ini dapat dikaitkan dengan pengaruh *IOD* positif serta interaksinya dengan *El Niño*, yang berperan dalam memperkuat intensitas *upwelling* dan produktivitas perairan (Herucokro *et al.*, 2019).



Gambar 26. Grafik *time series* SPL dengan tangkapan ikan kembung

3.7 Hubungan PAR dengan hasil tangkapan Ikan Kembung

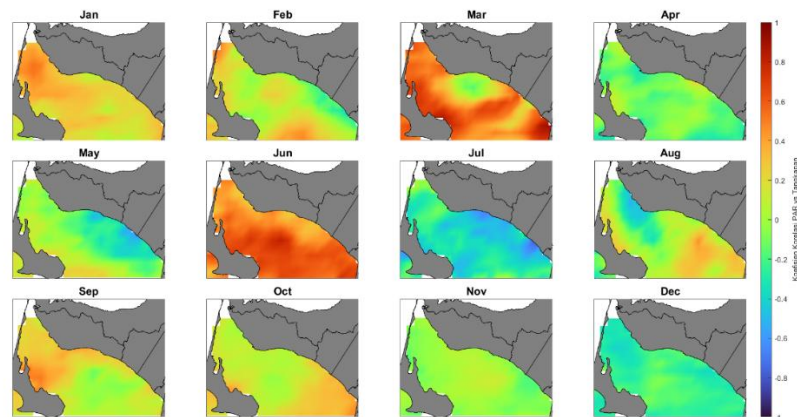
Peta korelasi spasial PAR dan hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali periode 2015–2024 (Gambar 27) menunjukkan hubungan lemah hingga sedang yang didominasi korelasi positif rendah dan relatif homogen dengan mendekati nilai nol hingga positif yakni 0.1 – 0.3. Korelasi positif yang lebih tinggi terlihat di bagian tengah hingga timur Selat Bali, sedangkan wilayah barat dan selatan menunjukkan hubungan yang lebih lemah, mengindikasikan adanya variasi respons spasial ikan kembung terhadap PAR. Lemahnya korelasi PAR dengan tangkapan ikan kembung menunjukkan pengaruhnya tidak langsung, melalui fitoplankton dengan jeda waktu tertentu. Selain itu, kompleksitas oseanografi Selat Bali, seperti Arlindo, pencampuran massa air, SPL, dan monsoon, serta mobilitas tinggi ikan kembung menyebabkan hubungan dengan satu parameter tunggal cenderung lemah (Sihombing *et al.*, 2018).



Gambar 27. Korelasi spasial PAR dengan tangkapan ikan kembung

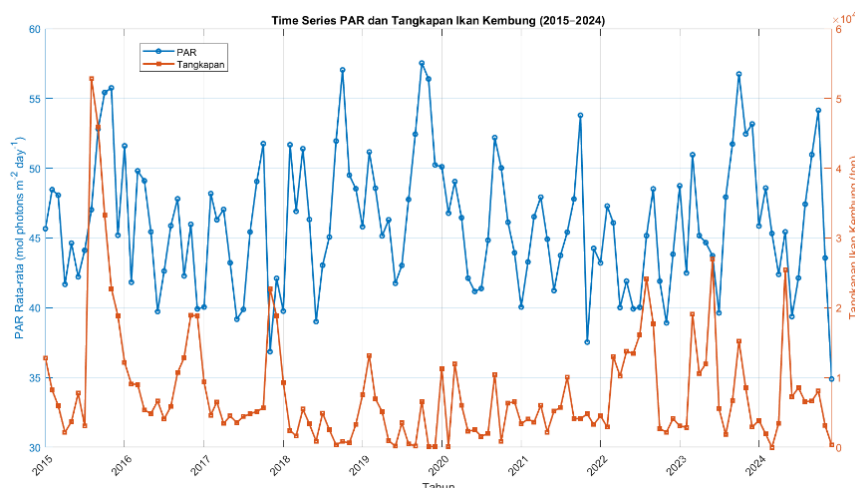
Peta korelasi spasial bulanan antara PAR dan hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali periode 2015–2024 (Gambar 28) menunjukkan variasi musiman dan spasial yang jelas. Pada Januari–Februari,

korelasi umumnya lemah hingga mendekati nol. Korelasi positif sedang hingga kuat mulai muncul pada Maret dan Juni, terutama di bagian tengah Selat Bali, namun melemah atau menjadi negatif pada April–Mei dan Juli. Pada periode Agustus–Oktober, korelasi kembali menguat dan meluas secara spasial, sedangkan pada November–Desember hubungan PAR dan tangkapan kembali melemah hingga bernilai rendah atau negatif di beberapa wilayah. Menurut Suniada dan susilo (2018), pola ini sejalan dengan konsep kendali *bottom-up* dalam ekosistem perairan, di mana ketersediaan energi cahaya menjadi salah satu faktor utama yang mengontrol produktivitas dan distribusi ikan pelagis kecil.



Gambar 28. Korelasi bulanan PAR dengan tangkapan ikan kembung

Analisis deret waktu PAR dan hasil tangkapan ikan kembung di Selat Bali periode 2015–2024 (Gambar 29) menunjukkan fluktuasi tinggi dengan pola musiman yang relatif konsisten. Nilai PAR berkisar 38–58 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, cenderung meningkat pada pertengahan tahun akibat pengaruh monsun timur dan menurun pada awal serta akhir tahun. Hasil tangkapan ikan kembung berfluktuasi tajam dan tidak selalu bertepatan dengan puncak PAR, melainkan umumnya muncul setelah periode peningkatan PAR, yang mengindikasikan adanya respons tertunda (*time lag*) dalam transfer energi dari produsen primer ke tingkat trofik yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian Behrenfeld *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa, PAR berperan penting dalam mengontrol produktivitas primer laut, tetapi hubungannya dengan kelimpahan ikan pelagis kecil bersifat tidak langsung dan dipengaruhi oleh mekanisme ekosistem yang kompleks.



Gambar 29. Grafik *time series* PAR dengan tangkapan Ikan Kembung

4. Simpulan

Pola sebaran klorofil-a, SPL dan PAR di Selat Bali menunjukkan variasi spasial dan temporal yang bersifat musiman. Klorofil-a cenderung rendah pada awal tahun ($0\text{--}0,4\text{ mg/m}^3$) dan meningkat pada pertengahan tahun ($0,6\text{--}1,0\text{ mg/m}^3$) yang berkaitan dengan proses *upwelling* pada Musim Timur. SPL menunjukkan pola berlawanan, dengan suhu lebih tinggi pada awal tahun ($30\text{--}32\text{ }^\circ\text{C}$) dan lebih rendah pada pertengahan tahun ($25\text{--}27\text{ }^\circ\text{C}$). PAR berfluktuasi dalam kisaran sekitar $38\text{--}58\text{ }\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ mengikuti intensitas radiasi matahari dan tutupan awan. Secara keseluruhan, pola ini mencerminkan dinamika oseanografi Selat Bali yang dipengaruhi oleh sistem angin monsoon.

Korelasi antara klorofil-a, SPL, dan PAR terhadap hasil tangkapan ikan kembung menunjukkan hubungan yang bervariasi secara musiman dan spasial. Klorofil-a memiliki hubungan positif dengan kekuatan lemah hingga sedang ($r = 0,2\text{--}0,4$), yang mengindikasikan pengaruh tidak langsung melalui rantai makanan dan adanya jeda waktu (*time lag*). SPL menunjukkan hubungan korelasi bulanan yang berubah dari positif kuat ($r = 0,5\text{--}0,9$) menjadi negatif ($r = -0,4$ hingga $-0,7$), yang mencerminkan preferensi ikan terhadap perairan yang lebih dingin dan produktif. PAR memiliki hubungan positif yang relatif lemah ($r = 0,1\text{--}0,3$), yang menunjukkan perannya secara tidak langsung. Secara keseluruhan, hasil tangkapan ikan kembung tidak dipengaruhi oleh satu parameter saja, melainkan oleh interaksi berbagai faktor lingkungan dan non-lingkungan.

Daftar Pustaka

- Al Tanto, T. 2020. Deteksi suhu permukaan laut (SPL) menggunakan satelit. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(2), 126-142.
- Algifari, M. I. 2022. Analisis hubungan nilai klorofil-a terhadap hasil tangkapan ikan lemuru (*Sardinella Lemuru*) di Selat Bali berdasarkan data satelit Bali [Skripsi]. Bali: Universitas Udayana.
- Anom, T. A. Y., Cholil, M., dan Anna, A. N. 2017. Pendugaan *upwelling* di Perairan Selatan Pulau Jawa menggunakan citra satelit Aqua MODIS perekaman Tahun 2014–2016 [Disertasi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Aprilia, R., Susiana, S., dan Muzammil, W. 2021. Tingkat pemanfaatan ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) di Perairan Mapur yang didaratkan di Desa Kelong, Kabupaten Bintan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(2), 111-119.
- Batubara, R. W., Suherman, A., dan Mudzakir, A. K. 2022. Pola musim penangkapan ikan kembung yang didaratkan di pelabuhan perikanan Pantai Asemdayong pemalang. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 27(4), 203-215.
- Behrenfeld, M. J., O'Malley, R. T., Boss, E. S., Westberry, T. K., Graff, J. R., Halsey, K. H., and Brown, M. B. 2016. Revaluating ocean warming impacts on global phytoplankton. *Nature Climate Change*, 6(3), 323-330.
- Cheung, W. W., and Frölicher, T. L. 2020. Marine heatwaves exacerbate climate change impacts for fisheries in the northeast Pacific. *Scientific reports*, 10(1), 6678.
- Clinton R., 2021. Hubungan klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL) dengan hasil tangkapan ikan lemuru *Sardinella Lemuru* di Selat Bali menggunakan citra aqua modis tahun 2009-2018 [Skripsi]. Bali: Universitas Udayana.
- Clinton, R., Karang, I. W. G. A., dan Widiastuti. (2022). Hubungan Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut (SPL) terhadap hasil tangkapan ikan lemuru *Sardinella lemuru* di Selat Bali menggunakan citra Aqua MODIS tahun 2009–2018. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(1), 48–56.
- Deshafa, A. F. 2025. ENSO and IOD variability: impacts on precipitation and sea surface temperature in Bali and NTB. *Journal of the Physical Society of Indonesia*, 1(1), 13-25.
- Ekaputra, M., Hamdani, H., Suryadi, I. B. B., dan Apriliani, I. M. 2019. Penentuan daerah penangkapan potensial ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) berdasarkan citra satelit klorofil-a di Palabuhanratu, Jawa Barat. *Albacore Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 3(2), 169-178.

- Fauzi, M., Suwarso, S., Kembaren, D. D., dan Yahya, M. F. 2020. Biologi reproduksi dan dinamika populasi ikan kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*, Cuvier 1817) di Perairan Aru. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 12(3), 137-150.
- Gustantia, N., Osawa, T., Dharma, I. G. B. S., and Adnyana, W. S. (2021). Relationship Between Chlorophyll-a And Sea Surface Temperatur With *Sardinella Lemuru* Catching In Bali Strait. *Ecotrophic*, 15(1), 12-26.
- Hanafi, H., Aprinsyah, A., dan Safitri, I. 2025. Variasi musiman suhu dan klorofil-a serta hubungan dengan hasil tangkapan ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) Laut Natuna. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(1), 164-174.
- Herucokro, M. A. 2019. Analisis pengaruh *el nino southern oscillation* (ENSO) dan *indian ocean dipole* (IOD) terhadap variabilitas suhu dan salinitas di perairan selat Bali dan sekitarnya periode 2013-2017 [Disertasi] Malang: Universitas Brawijaya.
- Hwang, D. J., Frouin, R., Tan, J., Ahn, J. H., Choi, J. K., Moon, J. E., and Ryu, J. H. (2022). Algorithm to estimate daily PAR at the ocean surface from GOCI data: description and evaluation. *Frontiers in Marine Science*, 9, 924967.
- Kongseng, S., Phoonsawat, R., and Swatdipong, A. (2020). Individual assignment and mixed-stock analysis of short mackerel (*Rastrelliger brachysoma*) in the Inner and Eastern Gulf of Thailand: Contrast migratory behavior among the fishery stocks. *Fisheries Research*, 221, 105372.
- Latifah, A. L., Wulandari, S. Y., dan Kunarso, K. (2024). hubungan suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) yang didaratkan di Pelabuhan Tamperan, Pacitan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(3), 197-208.
- Listiyani, A., Wijayanto, D., dan Jayanto, B. 2017. Analisis CPUE (Catch per Unit Effort) dan tingkat pemanfaatan sumberdaya perikanan lemuru (*Sardinella lemuru*) di perairan Selat Bali. *Jurnal Perikanan Tangkap: Indonesian Journal of Capture Fisheries*, 1(1).
- Mashita, M., and Lumban-Gaol, J. (2019). Variability of Sea Surface Temperature (Sst) and Chlorophyll-a (Chl-a) Concentrations in the Eastern Indian Ocean During the Period 2002-2017. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 16(1), 55-62.
- Maysarah, S., Sartimbul, A., dan Pranowo, W. S. 2022. Analisis variabilitas nitrat dalam hubungan dengan *el nino southern oscillation* (ENSO) dan *indian ocean dipole* (IOD) di Perairan Selat Bali dan sekitarnya. *Jurnal Hidropilar*, 8(2), 91-100.
- Mubarrok, S., dan Radjawane, I. M. 2025. Tren kenaikan suhu permukaan laut dan korelasinya dengan suhu laut global periode 1982-2024. *GEOSAINS KUTAI BASIN*, 8(2), 49-59.
- Munthe, M. G., Jaya, Y. V., dan Putra, R. D. 2018. Pemetaan zona potensial penangkapan ikan berdasarkan citra satelit aqua/terra modis di Perairan Selatan Pulau Jawa. *Dinamika Maritim*, 7(1), 39-42.
- Navarro, D. J., and Foxcroft, D. R. (2019). Learning statistics with jamovi: A tutorial for psychology students and other beginners (Version 0.70). *Tillgänglig online: <http://learnstatswithJamovi.com> [Hämtad 14 december]*.
- Prasetyo, G. D., Yunanto, M. A., Dimu, R. T. S., dan Sugiono, S. 2022. Distribusi hasil tangkapan ikan pelagis pada perikanan *purse seine* berdasarkan parameter lingkungan perairan di Kabupaten Pati. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(1), 57-66.
- Rachman, H. A., Hidayah, Z., dan Yuliardi, A. Y. (2025). Dinamika suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di perairan Laut Flores hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(1), 53-62.
- Rahadian, L. D. Khan, A. M. A. Dewanti, L. P., dan Apriliani, I. M., 2019. Analisis sebaran suhu permukaan laut pada musim barat dan musim timur terhadap produksi hasil tangkapan ikan lemuru (*Sardinella Lemuru*) di perairan Selat Bali. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2):28-34.
- Saleh, M. A. 2019. Statistical analysis of benign and ransomware databest based on t-test, pearson correlation and chi-square test. 17 (10), 1 - 11

- Sarasita, D., Yunanto, A., dan Yona, D. 2020. Kandungan mikroplastik pada empat jenis ikan ekonomis penting di perairan Selat Bali. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 20(1), 1-12.
- Sastra, I. G. A. B. W., Karang, I. W. G. A., As-syakur, A. R., dan Suteja, Y. 2017. Variasi musiman hubungan antara parameter oceanografi dengan hasil tangkapan ikan tongkol berdasarkan data harian di Selat Bali. *J. Mar. Aquat. Sci*, 4(109), 109-119.
- Schober, P., Boer, C., and Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & analgesia*, 126(5), 1763-1768.
- Sihombing, H. P., Hendrawan, I. G., dan Suteja, Y. 2018. Analisis hubungan kelimpahan plankton di permukaan terhadap hasil tangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), 151-161.
- Sugianto, D. N., Zainuri, M., Permatasari, G., Atmodjo, W., Rochaddi, B., Ismanto, A., dan Wirasatriya, A. (2021). Seasonal Variability of Waves Within the Indonesian Seas and Its Relation With the Monsoon Wind. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 26(3).
- Sukresno, B., Jatisworo, D., dan Kusuma, D. W. 2018. Analisis multilayer variabilitas upwelling di perairan selatan Jawa. *Jurnal Kelautan Nasional*.
- Suniada, K. I., dan Susilo, E. 2018. Keterkaitan kondisi oseanografi dengan perikanan pelagis di perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(4), 275-286.
- Tan, J., and Frouin, R. 2019. Seasonal and interannual variability of satellite-derived photosynthetically available radiation over the tropical oceans. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(5), 3073-3088.
- Taufik, M., and Wiliyanto, N. 2016. Chlorophyll-a spread analysis using meris and aqua modis satellite imagery (Case Study: Coastal Waters of Banyuwangi). *Geoid*, 11(2), 198-204.
- Taufiqurrahman, E., Wahyudi, A. J., and Masumoto, Y. (2020). The Indonesian Throughflow and its impact on biogeochemistry in the Indonesian Seas. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 37(1), 29–35. <https://doi.org/10.29037/ajstd.596>
- Wandira, A.W., Suryono, C.A., dan Suryono, S. 2019. Kajian kelas panjang berat ikan pelagis kecil ikan kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) yang didaratkan di Tambak Lorok, Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 7(4), 293-302
- Wang, Z., Zhang, M., Wang, L., Qin, W., Ma, Y., Gong, W., and Yu, L. 2021. Investigating the all-sky surface solar radiation and its influencing factors in the Yangtze River Basin in recent four decades. *Atmospheric Environment*, 244, 117888.
- Wiadnyana, N. N., dan Mudjiono, R. 2019. Dinamika produktivitas primer perairan laut Indonesia: Implikasi bagi sumber daya ikan pelagis kecil. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11
- Wijaya, A., Zakiyah, U. M. I., Sambah, A. B., and Setyohadi, D. A. D. U. K. (2020). Spatio-temporal variability of temperature and chlorophyll-a concentration of sea surface in Bali Strait, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(11), 5283-5290.
- Wulandari, N. N. R., Aryanti, N. L. N., dan Hendrawan, I. G. (2019). Studi variabilitas produktivitas primer bersih di Perairan Selatan Indonesia berdasarkan data satelit Aqua MODIS. *Journal of Marine Research and Technology*, 2(2), 38-42.